

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Talotekniikan koulutusohjelma

Tommi Pyykkö

VIRTUAALITODELLISUUDEN HYÖDYNTÄMINEN LVI-
SUUNNITTELUSSA

Opinnäytetyö
Helmikuu 2018



OPINNÄYTETYÖ
Helmikuu 2018
Talotekniikan koulutusohjelma

Tikkarinne 9
80220 JOENSUU
+358 13 260 600 (vaihde)

Tekijä
Tommi Pyykkö

Nimeke
Virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen LVI-suunnittelussa

Toimeksiantaja
Granlund Kuopio Oy

Tiivistelmä

Opinnäytetyössä tutkittiin virtuaalitodellisuuden hyödyntämistä LVI-suunnittelussa. Opinnäytetyö tehtiin Granlund Kuopio Oy:n toimeksiannosta.

Tietomallintamista hyödynnetään suurissa rakennushankkeissa ja sen käyttö on kasvanut viime vuosina huomattavasti. Tietomalli voidaan muuntaa VR-laseilla käytettäväksi virtuaalimalliksi erilaisten tietokoneohjelmien avulla. Eri suunnittelualoilla käytetään tietomalleja, jotka yhdistämällä saadaan yhteinen yhdistelmämalli. Yhdistelmämallin muuntaminen virtuaalimalliksi onnistuu parhaillaan muutamassa minuutissa, kun pisimmillään se voi viedä jopa tunnin verran.

Työn tuloksena selvisi, että virtuaalitodellisuudelle on kysyntää LVI-suunnittelussa ja sen käyttöä on aiottu ottaa mukaan projekteihin ja tulevaisuus virtuaalitodellisuudelle talotekniikan-alalla näyttää lupaavalta. Kokemukset ovat vielä kuitenkin verrattain pieniä virtuaalitodellisuuden hyödyistä LVI-suunnittelussa. Myös liiketaloudellisesti oikeiden ohjelmien valinta yrityksen tarpeisiin vaatii hieman aikaa, jolloin saadaan parhaat ja sopivimmat ohjelmat yrityksen käyttöön.

Kieli
suomi

Sivuja 42
Liitteet 3
Liitesivumäärä 9

Asiasanat
CAD, virtuaalitodellisuus, LVI-suunnittelu



THESIS
February 2018
Degree Programme in Building
Services

Tikkarinne 9
80220 JOENSUU
FINLAND
+358 13 260 600

Author (s)
Tommi Pyykkö

Title

Commissioned by
Granlund Kuopio Oy

Abstract

The purpose of this thesis was to investigate the utilization of virtual reality in HVAC-designing. The thesis was commissioned by Granlund Kuopio Oy.

BIM (Building Information Model) is used in large construction projects and its use has grown considerably in the last years. Data models can be converted into virtual models by using various computer programs. The data models themselves are used in different design fields, which by combining, provide a common combination model. The conversion of combined model to a virtual model will take from a couple minutes up to a few hours.

As a result of the work, it was apparent that the demand for virtual reality in design and use of HVAC-designing is intended to be included in projects and the virtual reality of the future in the field of building services technology seems to be promising. Choosing the economically right programs for the company's need requires some time, which can should, however, lead to getting the best and most suitable programs into the company's use.

Language
Finnish

Pages 42
Appendices 3
Pages of Appendices 9

Keywords

CAD, virtual reality, HVAC

Sisältö

1	Johdanto	5
2	Granlund Kuopio Oy.....	7
3	Virtuaalitodellisuuden historia.....	7
4	Virtuaalitodellisuus Granlund Oy:ssa.....	9
5	Tietomallintaminen	11
5.1	Tietomalli.....	12
5.2	Yhdistelmämalli	12
5.3	IFC-standardi	13
5.4	Virtuaalitodellisuus	13
5.5	Lisätty todellisuus.....	14
5.6	Virtuaalilasit.....	16
5.7	VR-malli	16
6	Ohjelmistot	17
6.1	Suunnitteluohjelmat.....	17
6.1.1	MagiCAD for AutoCAD ja MagiCAD for Revit	17
6.1.2	Revit.....	18
6.2	Tietomallien tarkasteluohjelmia	18
6.2.1	Autodesk Navisworks.....	19
6.2.2	Solibri	20
6.3	Virtuaalimallien tarkasteluohjelmat.....	20
6.3.1	Revit live	21
6.3.2	Enscape	22
6.3.3	Design Space.....	22
7	LVI-suunnittelu	23
7.1	LVI-suunnittelu	23
7.2	LVI-suunnitelman tarkastelu.....	25
8	Virtuaalimallin luominen ja tarkastelu	27
9	Virtuaaliympäristön luominen Granlund Kuopio Oy:lle	30
9.1	Hankinnat.....	31
9.2	Virtuaaliympäristö.....	31
9.3	Kyselytutkimuksen tulokset	34
10	Pohdinta ja tulokset.....	36
11	Johtopäätökset.....	39
	Lähteet.....	41

Liitteet

Liite 1	Kyselytutkimus 1.
Liite 2	Kyselytutkimus 2.
Liite 3	Kyselytutkimus 3.

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia ja kehittää virtuaalilasien hyödyntämistä LVI-suunnittelussa Granlund Kuopio Oy:lle. Opinnäytetyössä esitellään virtuaalilasien periaatteet osana suunnitteluprosessia sekä selvitetään, kuinka virtuaalitodellisuutta voidaan hyödyntää LVI-suunnittelussa.

Tietomallintaminen alkaa olla jo arkipäivää rakennusosalalla. Suunnittelua tehdään erilaisilla tietomallintamiseen soveltuvilla ohjelmilla ja suunnittelijat osaavat mallintaa sekä tuottaa malleja. Tietomallipohjaisilla ohjelmilla suunnitelmat saadaan tuotettua nopeammin ja helpommin. Suuret rakennushankkeet mallinnetaan nykyään lähes poikkeuksetta. Myös pienempiä kohteita mallinnetaan koko ajan enemmän ja enemmän. Tietomallintaminen soveltuu niin uudis- kuin korjausrakentamiseen. [1, s. 8.]

Tietomallintamisen ollessa jo yleistä isojen kohteiden suunnittelussa, teknologian ja laitteiden kehittyessä haetaan ja kehitetään uusia työvälineitä suunnittelun avuksi. Suunnittelun yhdeksi apuvälineeksi on pyrkimässä virtuaalitodellisuus. Virtuaalitodellisuutta on jo käytetty hyvän aikaa enemmänkin arkkitehtien keskuudessa, pelimaailmasta puhumattakaan ja se on levittäytymässä myös laajemmin rakennusosalalle laitteiden kehittyessä ja kustannusten laskiessa. Myös mm. sairaalasuunnittelussa ja teollisuudessa mallihuoneita tehdään virtuaalitodellisuuden sopiviksi, siellä käyttäjät voivat nähdä ja tehdä itse muutoksia mallihuoneen järjestelyyn, jotta se vastaisi parhaalla mahdollisella tavalla tulevien käyttäjien tarpeita.

Granlundilla on oltu innovatiivisesti mukana kehittämässä virtuaalitodellisuutta 2000-luvun alkupuolella, mutta tuolloin aika ei vielä ollut tarpeeksi kypsä virtuaalitodellisuudelle LVI-suunnittelun apuna. Nyt kuitenkin virtuaalitodellisuuden ”toinen” tuleminen LVI-suunnittelun avuksi on parhaillaan menossa ja Granlund konsernissa virtuaalitodellisuutta ajetaan kovaa vauhtia eteenpäin. Granlund Kuopio haluaa olla omalla alueellaan kehityksen kärjessä Itä-Suomessa ja olla aktiivisesti kehittämässä järjestelmiä tuomalla oman panoksensa konsernin kehityk-

seen. Suurin hyöty on ajateltu saatavan sairaalakohteista, niiden laajuuden ja järjestelmien monimutkaisuuden vuoksi. Granlund on mukana VARPU-hankkeessa, joka on yksi Euroopan suurimmista virtuaalitodellisuuteen liittyvistä projekteista. Granlundin innovaatiostrategiaan kuuluu kehittää virtuaalitodellisuusratkaisuja. [2]

Nyt, kun laitteet ja ohjelmistot ovat kehittyneet huimaa vauhtia, monet yritykset ovat ottaneet virtuaalitodellisuuden hyödyt käyttöön toiminnassaan. Mm. Sweco on palkannut pelinkeittäjän tuottamaan heille virtuaalimalleja, ja pelinkeittäjä työskentelee myös talotekniikan mallinnusten kanssa. [3] Myös muut toimijat, kuten Rejlers ja Ramboll, hyödyntävät toiminnassaan virtuaalitodellisuutta. He toimivat talotekniikan lisäksi myös muilla toimialoilla, jolloin virtuaalitodellisuuden hyödyntämisen mahdollisuuksia on enemmän. Granlund on johtava toimija Suomessa toiminta-alueillaan, joten on hyvä olla mukana kehittämässä muiden toimijoiden tavoin virtuaalitodellisuutta talotekniikan suunnittelussa.

Opinnäytetyö toteutettiin kirjallisuuskatsauksena ja kyselytutkimuksena. Työssä suoritettiin kolme (3) kyselytutkimusta virtuaalitodellisuuden hyödyntämisestä Granlund Kuopio Oy:n henkilökunnalle, jonka lisäksi haastattelin kahta (2) LVI-suunnittelijaa, jotka ovat käyttäneet virtuaalitodellisuutta LVI-suunnittelussa. Työ sisälsi virtuaalimallien tekemisen vaatiman tekniikan ja ohjelmiston käyttöönoton ja testauksen, sekä virtuaalimallin havainnollistamisesityksen yhdessä projektissa.

2 Granlund Kuopio Oy

Granlund Oy on vuonna 1960 perustettu yritys. Granlund Kuopio Oy on osa Granlund-konsernia. Granlund-konsernin emoyhtiö sijaitsee Helsingissä. Alueyhtiöitä konsernissa on 20: Espoossa, Hämeenlinnassa, Imatralla, Joensuussa, Jyväskylässä, Kokkolassa, Kouvolaissa, Kuopiossa, Lahdessa, Lappeenrannassa, Lohjalla, Oulussa, Riihimäellä, Rovaniemellä, Seinäjoella, Savonlinnassa, Tampereella, Turussa ja Vaasassa. Yhtiöissä työskentelee n. 800 asiantuntijaa talotekniikansuunnittelun, kiinteistö-, energia- ja ympäristöasioiden konsultoinnin parissa. [4]

Granlund Kuopion toimisto on perustettu vuonna 1969. Päätoimialana on talotekniikan suunnittelun lisäksi puhdastilasuunnittelu sekä kiinteistöpidon palvelut. Päätoimialueina ovat teollisuus, toimistot ja liiketilat, sairaalat ja terveyskeskukset ja muut julkiset rakennukset. Toimeksiantoja on Itä-Suomen lisäksi tapauskohtaisesti ympäri Suomea ja ulkomailla. [5]

3 Virtuaalitodellisuuden historia

Nykypäivän virtuaalitodellisuuden teknologiat perustuvat ideoihin, jotka ovat peräisin 1800-luvulta. Ensimmäinen laite, jolla saatiin aikaiseksi syvyysvaikutelma esitettäviin kohteisiin, oli vuonna 1838 keksitty stereoskooppi. Termiä ”virtuaalitodellisuus” alettiin käyttää kuitenkin vasta 1980-luvulla, kun Jaron Lanier perusti VPL Research -yrityksen. Yritys valmisti virtuaalitodellisuudeksi sanottuja tuotteita, mm. laseja ja käsineitä. [6]

Ihmiskunta on ajan myötä halunnut luoda erilaisia tapoja ja herättää aistejamme. 1920-luvulla asiat alkoivat kehittyä toden teolla, kun elektroniikka ja tietotekniikka rupesivat tulemaan markkinoille. Yksi varhaisimmista keksinnöistä oli Edward Linkin vuonna 1929 luoma ensimmäinen kaupallinen lentosimulaattori ”Link trai-

ner”. Laite oli täysin sähkömekaaninen. Ohjausta ohjattiin moottoreilla, jotka liit-
tivät peräsimeen. Siinä oli myös pieni moottorikäyttöinen apulaite, jolla jäljitettiin
turbulenssia ja häiriötilanteita. [7]

Jo ennen 1980-lukua yritykset kehittivät erilaisia simuloituja ympäristöjä. Yksi
niistä oli vuonna 1956 Morton Heiligin kehittämä Sensorama. Sensorama koke-
muksella simuloitiin todellista kaupunkiympäristöä, jonka ”läpi” ajettiin moottori-
pyörällä. Hän kehitti myös Telesphere Maskin, joka oli ensimmäinen päähän lai-
tettava näyttölaite. [6]

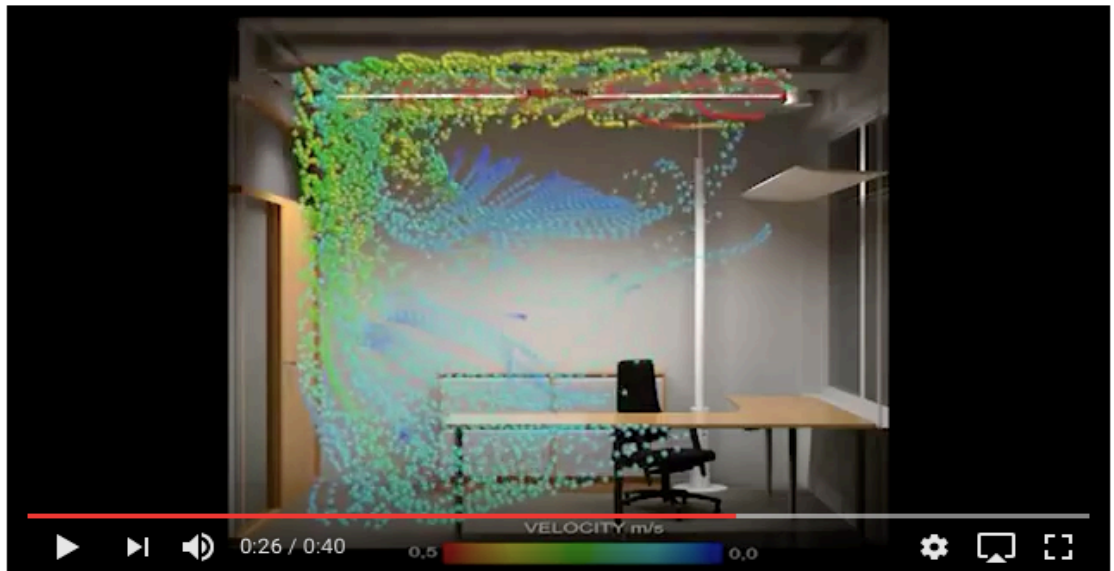
1990-luvulle tultaessa alkoi tulla laitteita, joihin oli myös suurella yleisöllä pääsy,
kun eri peliyhtiöt alkoivat ottaa virtuaalitodellisuutta pelikäyttöön. Virtuality Grou-
pin ”Arcade Machines” peleissä pelaajat käyttivät VR-laseja ja ohjaimia pelates-
saan reaaliaikaisesti pelikoneilla, joissa viive oli vähemmän kuin 50ms. Osa peli-
koneista oli yhdistetty toisiinsa, jolloin pelaajat pystyivät pelaamaan muiden
kanssa, ja näin jakamaan pelikokemuksen. Myöskin ehkä hieman tunnetummat
peliyhtiöt, SEGA ja Nintendo, julkaisivat 1990-luvulla omat virtuaalilasit pelikäyt-
töön. Laitteet eivät kuitenkaan vielä pystyneet vakuuttamaan suurta yleisöä. [7]

Tultaessa 2000-luvulle, virtuaalitodellisuuden kehittyminen on ollut nopeaa. Tie-
toteknikka sekä erilaiset mobiiliteknologiat ovat ottaneet suuria askeleita eteen-
päin ja samalla tekniikan hinnat ovat laskeneet kuluttajaystävällisemmiksi. Älypu-
helimien tulo ja 3D-grafiikkaominaisuuksien kehittyminen on mahdollistanut sen,
että markkinoille saadaan kevyitä ja käytännöllisiä virtuaalitodellisuuslaitteita. Eri
yritykset ovatkin julkaisseet viime vuosina paljon eri tuotteita virtuaalitodellisuus-
teen liittyen. [7]

Kuluttajatuotteita on ollut nyt viime vuosina saatavilla kiitettävästi. Koko ajan ke-
hitetäänkin erilaisia ohjelmistoja, tuotteita ja sisältöä kasvaville virtuaalitodellisuus-
den markkinoille aina kuluttajille asti.

4 Virtuaalitodellisuus Granlund Oy:ssa

Virtuaalitodellisuuden käyttö Granlund Oy:ssa on alkanut 2000-luvun alussa. Granlund oli 2000-luvun alussa mukana, kun TKK:n tiloihin Otaniemeen rakennettiin Suomen ensimmäistä EVE-virtuaalitalaa. Tilassa käytettäviä malleja toimitti Granlund Oy, joka myös järjesti tilassa erilaisia asiakastilaisuuksia, joissa esiteltiin tilaajien omia kohteita. Granlund Oy yhdisti malleihin valaistus- ja virtaussimulointia, joista saatiin mielenkiintoisia esityksiä visuaalisesti. Realistisessa virtuaalimallissa värikkäät pallot pystyivät kuvaamaan ilman liikkeitä tilassa. [8] Kuvasta 1 näkyy, kuinka värikkäät pallot kuvaavat ilman liikkeitä tilassa.



CFD in lighting simulation 2012

Kuva 1. Pallot osoittamassa ilmanvirtausta huoneessa. [9]

Suurin kehitystä hidastava tekijä oli laitteistojen hinta verrattuna niiden suorituskykyyn. Myös virtuaalimallien valmistelu yhteensopiviksi vaati viikkojen ja pahimmassa tapauksessa jopa kuukauden työn. 3D-mallien optimointi kevyemmiksi oli hidasta työtä, jolloin valmiiksi saatu virtuaalimalli olikin jo vanha sen valmistusajan. Suunnitelmat ehtivät kuitenkin muuttua kuukauden aikana. [8]

Granlundille suunniteltiin omaa EVE-virtuaalitalaa, kun innostus oli kovimmillaan VR:n ympärillä. Innostus hiipui kuitenkin nopeasti kustannusarvion laatimisen jäl-

keen. Myös kiinnostus VR:n kohdalla hiipui lähes kokonaan alun innostuksen jälkeen ja VR jäikin kokonaan taka-alalle. Perinteinen visualisointi ja animaatiot riittivät ilman virtuaalitodellisuutta. Nyt noin 15 vuotta myöhemmin, virtuaalitodellisuus nostamassa jälleen päätään alalla. Vuosien aikana uuden sukupolven EVE-virtuaalililat ovat tulleet markkinoille nimellä CAVE (CAVE Automatic Virtual Environment) eli virtuaaliluola. [8]

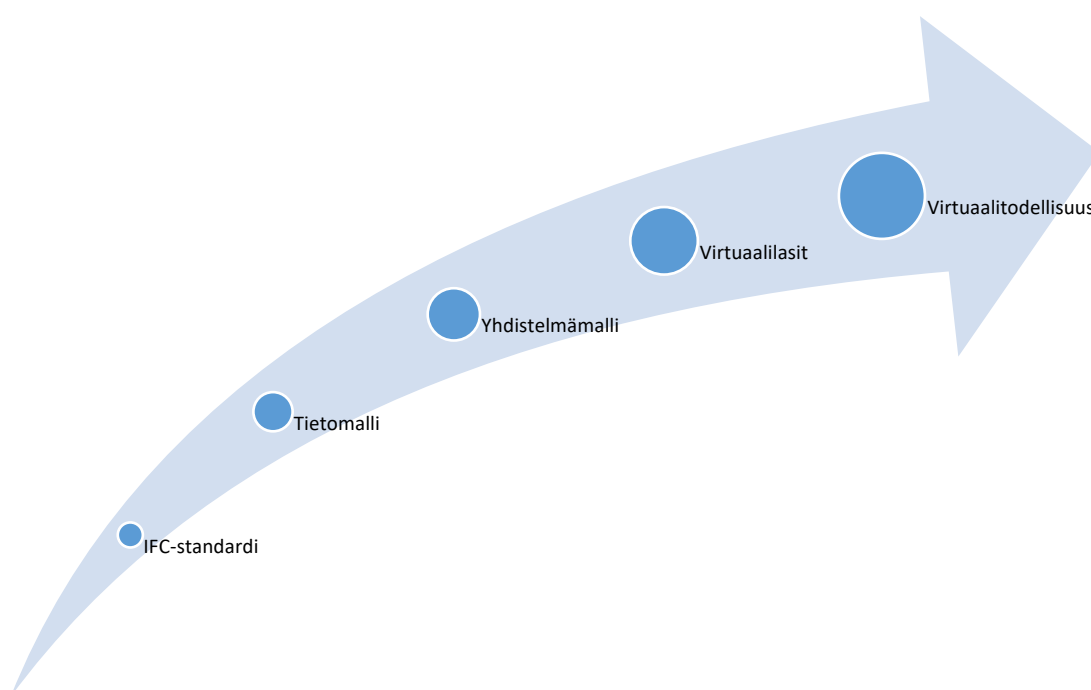
CAVE on kehitetty Illinoisin yliopistossa ja sen on esitelty yleisölle vuonna 1992. *”CAVE on kuution muotoinen rakennelma, jonka puoliläpäiseville seinille projisoidaan ulkopuolelta stereoskooppinen virtuaaliympäristö. Kun käyttäjän pään paikka ja asento paikannuksen avulla tiedetään, saadaan ympäristö seuraamaan käyttäjän liikkeitä, ja stereoskooppinen kuva toimimaan. Paikannus mahdollistaa virtuaaliympäristössä olevien esineiden tarkastelun eri suunnista yksinkertaisesti liikkumalla itse kuution sisällä.”* Näin CAVE:n toiminta on kuvattu artikkelissa ”Olipa kerran EVE”. [10] Nykypäivänä teknologia on samaa, mutta suorituskykyisempää. [8]

Viime vuosina suurimman sysäyksen on antanut Oculus VR -niminen yritys. Se toi virtuaalilasit kuluttajamarkkinoille pitkän tauon jälkeen. Granlund Oy oli vahvasti mukana Marin 2 -tutkimushankkeessa, jonka yhteydessä yritykselle hankittiin virtuaalilasit sekä Unityn pelinkehitysympäristö. Marin 2 -tutkimuksessa selvitettiin lisätyn todellisuuden ja virtuaalitodellisuuden mahdollisuuksia. Tutkimuksen yhteydessä huomattiin, että virtuaalilasit aiheuttivat lähinnä pahoinvointia käyttäjilleen. Vuonna 2016 markkinoille julkaistu HTC Vive oli taas huomattavasti kehittyneempi sekä käyttäjäystävällisempi. Ohjelmistopuolella oli myös tapahtunut kehitystä, eikä Unity-pelinkehitysympäristö ole enää ainoa ohjelmisto, jolla voitiin suunniteltu malli tuoda virtuaaliympäristöön. Markkinoille tullut Enscape-ohjelma mahdollistaa mallien siirron Revit ohjelmasta suoraan virtuaaliympäristöön jopa muutamassa kymmenessä sekunnissa. Myös virtuaalitodellisuudessa käytettävien mallien visuaalinen ilme on ottanut harppauksia eteenpäin. [8]

Granlund Oy:lle on hankittu HTC Viven lisäksi, uusimpana kehitysaskeleena työpöydällä käytettäviä virtuaalilaseja. Niiden avulla voidaan työskennellä virtuaaliympäristössä. Laitteistot ja ohjelmistot kehittyvätkin kovaa vauhtia. Virtuaalitodellisuuden visuaalinen ilme paranee ja virtuaalilasit kehittyvät ja kevenevät. [8]

5 Tietomallintaminen

Opinnäytetyön keskeisiä käsitteitä ovat tietomalli, yhdistelmämalli, IFC-standardi, virtuaalitodellisuus, virtuaalilasit ja VR-malli. Opinnäytetyön viitekehys siis alkaa tietomallintamisesta ja jatkuu virtuaalimalliin. Tietomalli ja IFC-standardit ovatkin viitekehysten perustukset, jotta voidaan edetä LVI-suunnittelussa virtuaalimalleihin saakka.



Kuvio 1. Viitekehys

5.1 Tietomalli

Rakennusten tietomalli BIM (Building Information Model) tarkoitetaan nykyisin rakennusten ja koko rakennusprosessin elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuutta. BIM käsitteenä on laajentunut ajan kuluessa entistä laajemmaksi. Tietomalliin kuuluukin rakennusten geometrian määrittäminen sekä esittäminen kolmiulotteisesti erilaisten simulointien ja havainnollisuuden vuoksi. [1, s. 13.]

Oleellisena osana tietomalleissa on rakennusosien ominaisuustieto, jonka tietomallista vastaava suunnittelija on malliin taltioinut kolmiulotteisen geometriatiedon lisäksi. [11, s. 26.]

Tietomalli on mahdollista saada myös ilman ”tietoa”, jolloin tietomalliin ei liitetä esimerkiksi ilman virtausnopeuksia tai ilmamääriä. Tällainen malli voi olla riittävä asianomaisen suunnittelijan tai suunnitteluryhmän välisessä työskentelyssä, kun mallin pääpaino on sen geometriassa eikä tietosisällön tarkastamisessa. Tietosisältö kasvattaa mallien kokoa talotekniikassa ja sen lisääminen malliin tulee olla tarpeeseen perustuvaa.

5.2 Yhdistelmämalli

Yhdistelmämallin avulla voidaan suunnitelmat konkreettisesti visualisoida käyttäjälle. Yhdistelmämallien avulla voidaankin usein jo suunnitteluvaiheessa havaita ongelmakohdat, muussa tapauksessa ne voisivat tulla ilmi vasta työmaavaiheessa. Yhdistelmämallin avulla voidaan hyvän LVI-reittisuunnittelun lisäksi taata yhteensopiva ja asennuskelpoinen malli. [12]

Yhdistelmämallilla tarkoitetaan siis osamallikokonaisuutta, jolla yhdistetään eri suunnittelualojen 3D-tietomalleja yhtenäisessä koordinaatiossa. Tämä myös mahdollistaa sen, että malleista voidaan tehdä yhteensopivuustarkasteluja eri suunnittelualojen kesken. [1, s. 24.]

Yhdistelmämalleja käytetään enenevässä määrin työmailla ja niitä myös katsoo muutkin kuin alkuperäisen osamallien tekijät. Tällöin malleihin on hyvä sisällyttää tietoa, jotta mallin sisältö aukeaa paremmin yhdistelmämallin käyttäjälle.

5.3 IFC-standardi

Jotta rakennushankkeen eri alojen osapuolet saavat virheetöntä ja ajan tasalla olevaa tietoa suunnittelusta, on sen perusedellytyksenä sähköinen ja avoin tiedonsiirto. Kansainvälinen IFC-tiedonsiirtostandardi (Industry Foundation Classes) on tiedonsiirtomuoto rakentamisen ja kiinteistöpidon eri tietojärjestelmien välillä. [13, s. 40.]

IFC on ISO-16739 -standardi. IFC:stä on julkaistu useampi versio. Nyt käytössä on IFC 2X3, joka on julkaistu vuonna 2006. IFC:n uusin versio on IFC 4-formaatti, joka on julkaistu vuonna 2013. [14] Syynä hitaaseen siirtymiseen uuteen versioon on ollut se, että suurien BIM-työkalujen uusien versioiden tukeminen vie paljon aikaa ja se, että uusi IFC 4 -formaatti ei ole yhteensopiva vanhan IFC 2X3 -formaatin kanssa. Parannuksia uudessa IFC 4 formaatissa on muun muassa laajempi tuki geometrialle. Vaikka IFC 4 ei ole vielä suuressa käytössä, on uusi IFC 5 jo suunnitteilla. IFC 5 tarkkaa julkaisupäivää ei vielä ole tiedossa. [15]

YTV2012 mukaan kaikissa julkisissa hankkeissa tulisikin käyttää tällä hetkellä vähintään IFC 2x3 sertifioituja mallinnusohjelmia. YTV2012 on siis yleiset tietomallivaatimukset, jossa määritellään mitä ja miten mallinnetaan rakennushankkeessa eri osapuolten välillä.

IFC-tiedostojen etuna on se, että malleja voidaan siirtää tietokoneohjelmistosta toiseen. IFC-tiedostoon saa tallennettua geometriatietojen lisäksi muun muassa tietoa rakennusosista sekä eri tilojen ominaisuuksia. [1, s. 23.]

5.4 Virtuaalitodellisuus

Virtuaalitodellisuus (Virtual Reality, VR) on tietokoneella luotu keinotekoinen ympäristö, joka on kolmiulotteinen tila ja se toimii interaktiivisesti käyttäjänsä kanssa. Virtuaalitodellisuudessa paikan tai tilan ei tarvitse olla todellinen, paikka tai tila voi siis olla minkälainen vain. [16, s. 33.]

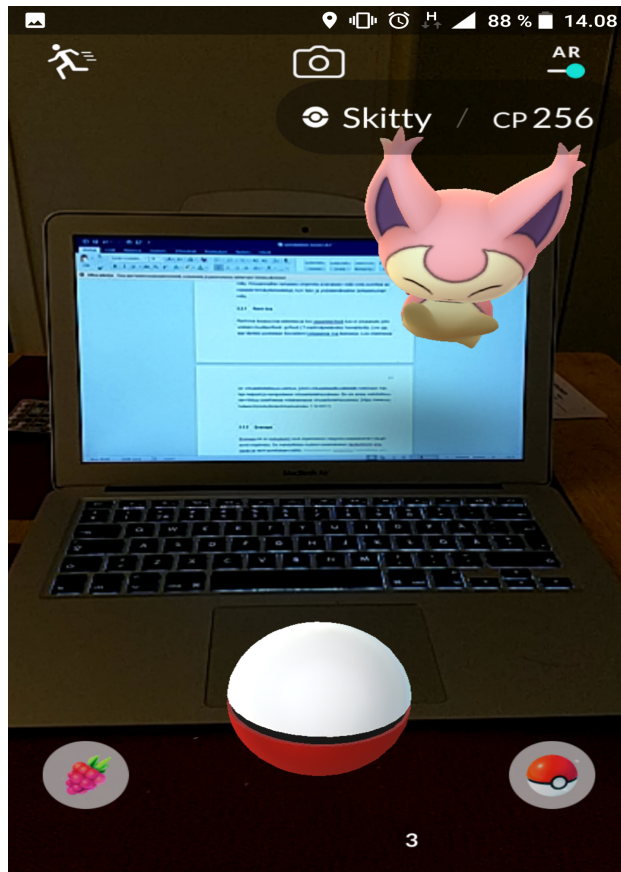
Virtuaalilaseilla luodaan käyttäjän ympärille täysin virtuaalinen näkökenttä, jolloin virtuaalitodellisuus tuntuu kolmiulotteiselta sekä aidolta. Näin käyttäjällä on itse mahdollista päästä liikkumaan virtuaalitodellisuudessa ja tutkia ympärillä olevaa virtuaalitodellisuutta. [17]

5.5 Lisätty todellisuus

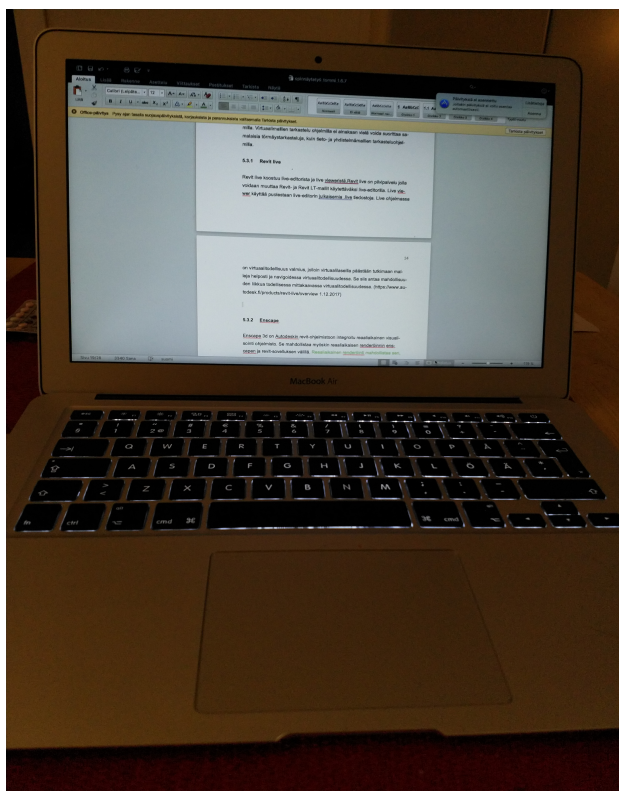
Lisätty todellisuus (Augmented Reality, AR) on muunnelma virtuaalitodellisuudesta. Kun virtuaalitodellisuudessa on luotu keinotekoinen kolmiulotteinen tila, jossa käyttäjä voi toimia, niin lisätyssä todellisuudessa käyttäjä voi toimia reaali-maailmassa, johon on lisätty erilaisia virtuaalisia objekteja, jolloin saadaan vaikutelma siitä, että virtuaaliset objektit ovat läsnä reaali-maailmassa. [18]

Havaitakseen lisätyn todellisuuden elementit ympäristössään, käyttäjä tarvitsee jonkin laitteen esimerkiksi matkapuhelimen tai älylasit. Esimerkiksi matkapuhelimen kameran läpi katsottaessa voidaan lisätä ja havaita reaaliympäristössä olevia virtuaalisia objekteja. Pelimaailmassakin lisätyn todellisuuden käyttö on lisääntynyt muun muassa Pokemon Go pelin ansiosta. Pokemon Go on yksi tunnetuimmista lisätyn todellisuuden peleistä ja sitä pelaa jopa 25 miljoonaa ihmistä.

Kuvista 2 ja 3 voimme nähdä eron lisätyn todellisuuden ja reaali-maailman välillä älypuhelimen kameran kautta katsottuna. Toisessa kuvassa on tietokone Pokemon Go pelin yhteydessä ja toisessa kuvassa ilman lisättyä todellisuutta.



Kuva 2. Kuvassa lisätyn todellisuuden peli, Pokemon Go



Kuva 3. Kuva ilman lisätyn todellisuuden Pokemon Go peliä

5.6 Virtuaalilasit

Virtuaalilasit (VR-lasit) tarvitaan, että päästään käsiksi luotuun virtuaalitodellisuuteen. Virtuaalilasit ovat lasit, jotka täytyy laittaa silmien eteen. Virtuaalilaseja on markkinoilla erilaisia. Kuvassa 4 markkinoiden edistyneimmässä mallissa, HTC-Vivessä, virtuaalilasien mukana tulee kaksi ohjainta, jotka mahdollistavat käsien käytön virtuaalitodellisuudessa. Kuvan 5 mukaisissa halvimmissa malleissa virtuaalilaseihin kiinnitetään oma älypuhelin, kun taas kalliimmat mallit vaativat tehokkaan tietokoneen. [17]



Kuva 4. HTC-Vive virtuaalilasit joita tulee käyttää tietokoneella. [19]



Kuva 5. Samsung Gear VR-lasit, joita käytetään omalla älypuhelimella. [20]

Virtuaalilasien avulla saadaan tietokoneella luotu keinotekoinen ympäristö tuotua silmien eteen. Siinä syvyysvaikutelma, korkeus ja perspektiivi tuntuvat samalta kuin luonnossa. Näiden ansioista kokemukset joita lasien avulla koetaan, tuntuvat aidoilta. [17]

5.7 VR-malli

Virtuaalimallilla tarkoitetaan tietokoneella tuotettua kolmiulotteista mallia sekä kolmiulotteisesti tarkasteltavaa CAD-pohjaista suunnitelmaa. Nykyään virtuaalimallia voidaan tarkastella erilaisilla välineillä muun muassa virtuaalilaseilla ja 3D-näytöllä. Virtuaalimallissa voidaan liikkua fyysisesti kolmiulotteisessa 1:1 mittakaavassa. [21]

6 Ohjelmistot

Tietomalli- ja yhdistelmämallipohjaisessa hankkeessa tarvitaan erilaisia tietokonepohjaisia ohjelmia. Yleisimpiä ohjelmia ovat suunnitteluohjelmat sekä mallien katselu- ja tarkasteluohjelmat. Myöskin erilaisia malleja lähtötietoina käyttäviä analysointi- ja simulointiohjelmia käytetään tietomallipohjaisessa hankkeessa. Talotekniikan suunnittelussa pääosin käytetään suunnitteluohjelmistoja sekä erilaisia yhdistelmämallin katseluun ja tarkasteluun tarkoitettuja ohjelmistoja. [1, s. 38.]

Tieto- ja yhdistelmämallista voidaan luoda virtuaalimalli. Virtuaalimallin tarkasteluun virtuaalitodellisuudessa tarvitaan omat tarkasteluohjelmat.

6.1 Suunnitteluohjelmat

Talotekniikan suunnitteluun on käytettävissä erilaisia ohjelmia. Pääasiassa käytetään Progman Oy:n MagiCAD-ohjelmistoa, KymData Oy:n CADS-ohjelmistoa tai AutoDeskin Revit-ohjelmaa. Granlund Kuopio Oy käyttää talotekniikan suunnittelussa MagiCAD-ohjelmistoa sekä AutoDeskin Revit-ohjelmaa.

6.1.1 MagiCAD for AutoCAD ja MagiCAD for Revit

MagiCAD for AutoCAD ja MagiCAD for Revit-ohjelmat ovat Program Oy:n kehittämiä talotekniikan suunnitteluun tarkoitettuja ohjelmistoja. Ohjelmistoilla voidaan

suunnitella talotekniikan eri järjestelmiä. MagiCAD for AutoCAD-ohjelmaa käytetään Autodeskin AutoCAD-ohjelmiston kanssa. Ja MagiCAD for Revit ohjelmaa käytetään Autodeskin Revit-ohjelman kanssa. [22]

Molemmilla MagiCAD-ohjelmilla voidaan talotekniikan suunnittelua toteuttaa tietomallipohjaisesti. Autodeskin Revit-ohjelmalla voi myöskin toteuttaa talotekniikan suunnittelua, ilman MagiCAD for Revit-ohjelmaa, mutta se ei silloin vastaa täysin suomalaiseseen suunnittelun tarpeeseen.

Ohjelman tietokanta sisältää suuren määrän erilaisia tuotteita eri valmistajilta. Niitä voidaan hyödyntää suunnittelussa niiden teknisten tietojen ja kokojen ansiosta. Yli 50 maassa on käytössä n.20 000 MAGiCAD-lisenssiä. [22]

6.1.2 Revit

Autodeskin Revit-ohjelma on kehitetty tietomallinnukseen. Revit tietomallinnusohjelmisto sisältää ominaisuuksia muun muassa rakennussuunnitteluun, talotekniikansuunnitteluun ja rakentamiseen. Talotekniikan suunnittelijoille se tarjoaa entistä tarkempaa suunnittelua ja parempaa yhteistyötä muiden suunnittelijoiden kanssa hyödyntämällä älykkäiden mallien sisältämää koordinaatiota sekä niiden yhdenmukaista tietoa. [23]

6.2 Tietomallien tarkasteluohjelmia

Tieto- ja yhdistelmämallien tarkasteluohjelmat sopivat moniin erilaisiin käyttötarkoituksiin. Niillä voidaan mallien katselun lisäksi analysoida mallien sisältämää informaatioita. Tarkasteluohjelmat vaativat lyhyen perehtymisen ohjelmiston peruskäyttöön. Mikäli halutaan paras tieto siitä, mitä ohjelmalla voidaan tehdä ja mitä tietoa sillä voidaan kerätä tietomallista, tarvitaan silloin pidempiaikainen perehtyminen ohjelmistojen käyttöön. [1, s. 42.]

6.2.1 Autodesk Navisworks

Autodesk Navisworks tuoteperhe koostuu kolmesta erilaisesta ohjelmasta: Navisworks Freedomista, Navisworks Simulatesta ja Navisworks Managesta. Navisworks Freedom-ohjelma on ilmainen ja se soveltuu pääosin mallien tarkasteluun. [24]

Navisworks Simulate on projektinhallinnantökalu. Sillä voidaan yhdistää mallit yhtenäiseksi yhdistelmämalliksi. Se mahdollistaa myös kommentoinnin projektin eri osapuolten välillä. Sillä on mahdollista tarkastaa ja välittää projektin tiedot 5D-analyysillä ja simulaatiolla. 5D-analyysillä voidaan siis sisällyttää projektiin aikaa ja kustannuksia, se auttaa rakentamisessa yhdistelemällä mallit geometrian ajan ja päivämäärän mukaan. Myöskin työvaiheiden suunnitellut ajat sekä todelliset ajat voidaan lisätä, jolloin havainnollistaminen on parempaa projektin aikataulun kannalta. 5D-analyysi onnistuu niin Manage kuin Simulate ohjelmissa. [25]

Navisworks Manage on puolestaan näistä ohjelmistoista edistynein projektintarkasteluohjelmisto ja sisältää suuren määrän eri toimintoja muun muassa sillä voidaan tarkastella arkkitehti- ja rakennesuunnittelun integroituja malleja sekä tietoja eri sidosryhmien kanssa. Se sisältää myös projektin tulosten hallinnan ja koordinoinnin. [24]

Ohjelmien lisenssit voi ostaa joko kuukaudeksi, vuodeksi tai kolme vuodeksi kerrallaan. NavisWorks Manage lisenssin osto yhdelle käyttäjälle kustantaa

- kuukauden lisenssi 338,80 €
- yhden vuoden lisenssi 2728,55 €
- kolmen vuoden lisenssi 8185,65 €

NavisWorks Simulaten lisenssien hinnat

- kuukauden lisenssi 139,15 €
- yhden vuoden lisenssi 1107,15 €
- kolmen vuoden lisenssi 3321,45 €

6.2.2 Solibri

Solibri on yksi maailman johtavista markkinoilla olevista tuotteista tieto- ja yhdistelmämallien tarkasteluun. Solibrin eri ohjelmat mahdollistavat muun muassa suunnitteluprosessin joustavan koordinoinnin ja suunnitelmien tarkastelun. Solibri myöskin kehittää sekä markkinoi erilaisia laadunvarmistusratkaisuja, joiden avulla BIM-pohjainen suunnittelu ja rakentaminen ovat tehokkaampaa. Solibrin asiakkaita on yli 70 maassa ja se on osa Nemetschek-konsernia, jonka päätoimisto toimii Helsingissä. Yritys on perustettu vuonna 1996 Suomessa. [26]

Solibri tuoteperhe koostuu kolmesta erilaisesta ohjelmasta: Solibri Model Checkeristä, Solibri Model Vieweristä ja Solibri IFC Optimizeristä. Solibri Model Checker on laadunvarmistusohjelmisto tietomalleille, sillä voidaan suorittaa mallien tarkastaminen ja määrälaskenta. Solibri Model Viewer on puolestaan IFC-mallien tarkasteluun tarkoitettu ilmais ohjelmisto, jolla voidaan tarkastella IFC-tiedostoja, jotka on luotu Solibri Model Checkerillä. Solibri IFC optimizer on IFC-mallien tiedonsiirtoa ja pakkaamista varten oleva ilmainen työkalu. [27]

Solibrin Model Checkerin voi hankkia vuokralle kolmeksi kuukaudeksi tai vuodeksi kerrallaan. Kolmen kuukauden vuokralisenssi kustantaa 1500€, joka sisältää tuen ja ylläpidon ohjelmaan. Vuoden lisenssi kustantaa 6000€ ja, mikäli haluaa tuen ja ylläpidon ohjelmalle vuoden ajaksi se maksaa 1200€. Ostamalla tuen asiakas saa käyttöönsä aina uudet ohjelmistoversiot ja säännöt, joita Solibri julkaisee vähintään yhden kerran vuodessa. Uudet ohjelmistoversiot sisältävät yleensä parannuksia ohjelmistoon sekä erilaisia lisätoimintoja ja korjauksia. [28]

6.3 Virtuaalimallien tarkasteluohjelmat

Virtuaalimallien tarkasteluohjelmilla voidaan liikkua virtuaalimallissa ja tarkastella samaa mallia, kuin tieto- ja yhdistelmämallien tarkasteluohjelmilla. Virtuaalimallin tarkastelu tapahtuu 1:1 mittakaavassa. Tuolloin mallin havainnollistaminen on parempaa, kuin tietomalli tarkasteluohjelmilla. Virtuaalimallien tarkasteluohjelmilla

ei ainakaan vielä voida suorittaa samalaisia törmäystarkasteluja, kuin tieto- ja yhdistelmämallien tarkasteluohjelmilla.

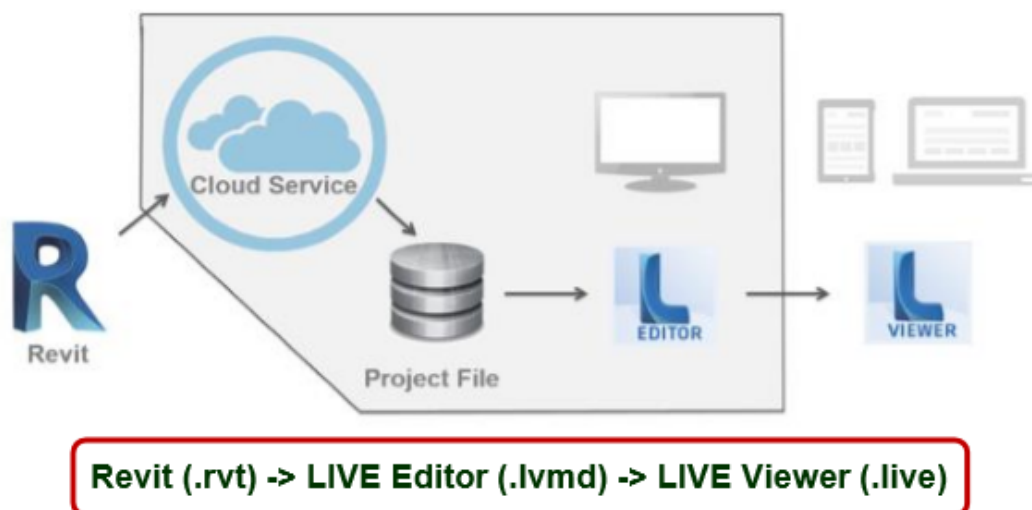
6.3.1 Revit live

Autodeskin Live-ohjelmisto koostuu Revit Live, Autodesk Live-editor sekä Autodeskin Live-Viewer ohjelmistoista. Autodeskin Revit-ohjelmisto yhdistetään Revit Live ohjelmiston avulla Live Service pilvipalveluun. Live Service-palvelu valmistaa Revit ohjelmalla luodun projektin Imvd-tiedostomuotoon, jolloin projektia voidaan käyttää Live Editor-ohjelmalla. Palvelu toimii siis pilvipalveluna, joka muuttaa Revit projektin oikeaan tiedostomuotoon. [29]

Kun Imvd-tiedosto on luotu, sitä voidaan käyttää Live-Editor ohjelmalla. Live-Editorin avulla voidaan muun muassa tutkia mallin ulko- ja sisäpuolta virtuaalisesti ja renderöidä mallia. Ohjelma toimii tällä hetkellä vain Windows käyttöjärjestelmillä. [29]

Live-Viewer on puolestaan ilmaisohjelmisto, jolla voidaan myös liikkua mallissa ja tutkia sitä. Ohjelma on saatavilla niin Windows- kuin iOS-alustalle. Live-Viewer-ohjelmisto tukee live-tiedostomuotoa. Live-Editor-ohjelmalla voidaan luoda mallista live-tiedostomuoto, jolloin sen katselu onnistuu kevyemmällä Live-Viewer-ohjelmalla. [29]

Kuvassa 6 on selkeästi esitetty prosessi tiedostojen muuttamiseksi live-tiedostomuotoon.



Kuva 6. Revit Live prosessi. [29]

6.3.2 Enscape

Enscape on Autodeskin Revit-ohjelmistoon integroitu reaaliaikainen visualisointi ohjelmisto. Se mahdollistaa reaaliaikaisen renderöinnin Enscapen ja Revit-sovel-luksen välillä. Reaaliaikainen renderöinti mahdollistaa sen, että muutokset joita suunnitelmaan tehdään päivittyvät heti myös virtuaalimalliin katseltaviksi. Se mahdollistaa sen, että voidaan nopeasti tutkia erilaisia suunnitteluvaihtoehtoja sekä esittää niitä asiakkaille. Se tukee virtuaalitodellisuutta joten, visualisointeja voidaan myös tutkia virtuaalilaseilla. [30]

6.3.3 Design Space

Design Space on kuopiolaisen 3D-Talon kehittämä ohjelmisto. Design Space eroaa muista esitellyistä virtuaalimallien tarkasteluohjelmistoista siinä, että pel-kän virtuaalimallin tarkastelun lisäksi ohjelmisto sisältää useita erilaisia toimin-toja, joita voidaan hyödyntää virtuaalitodellisuudessa suunnittelun apuna. Ohjel-mistolla voidaan muun muassa mitata, piirtää putkea ja kirjoittaa kommentteja samalla, kun virtuaalimallia tarkastellaan. Tämä puolestaan edesauttaa tekniikan yhteensovittamisessa, kun virtuaalimallissa voidaan piirtää ja hahmotella putki-reittejä. Ohjelmisto tukee myös monikäyttöä, jolloin suunnittelijat voivat omalta

tietokoneelta paikasta riippumatta tarkastella samaa mallia yhtä aikaa virtuaaliteollisuudessa. [31]

Design Space-ohjelman monikäyttö mahdollistaa saman virtuaalimallin tarkastelun eri paikkakunnilta käsin. Se vaatii Design Space-ohjelman ja virtuaalilasit käyttäjille. Ohjelman kautta voidaan lähettää kutsuja henkilöille, jotka halutaan kutsua tarkastelemaan samaa virtuaalimallia. Ohjelma lähettää kutsuille käyttäjille sähköpostiin linkin, jota kautta he pääsevät samaan virtuaalimalliin muiden kutsuttujen käyttäjien kanssa. [28]

Virtuaalimallia tarkasteltaessa yhdessä, jokainen voi tehdä merkkintöjä ja luoda objekteja malliin jotka jokainen samassa mallissa oleva näkee. Ohjelmassa on myös oma reaaliaikainen keskustelumahdollisuus käyttäjien välillä. [32]

7 LVI-suunnittelu

Granlund Kuopiossa LVI-suunnittelu tapahtuu tällä hetkellä pääosin käyttämällä MagiCAD-ohjelmaa. MagiCAD-ohjelman rinnalla tietokoneen toisella näytöllä käytetään pääsääntöisesti Autodeskin Navisworks-ohjelmaa. Pienemmät projektit, jotka eivät vaadi suunnittelun ohella mallintamista, tehdään pelkällä MagiCAD-ohjelmalla.

7.1 LVI-suunnittelu

Suurin osa LVI-suunnittelusta tapahtuu tietokoneella piirtämällä MagiCAD-ohjelmalla kaksiulotteisena. MagiCAD-ohjelmasta saadaan tehtyä kolmiulotteinen IFC-malli. Eri järjestelmien ja eri suunnittelualojen IFC-mallit yhdistämällä saadaan yhtenäinen 3D-malli. Tätä 3D-mallia käytetään Navisworks-ohjelmalla LVI-suunnittelun apuna.

3D-mallin käyttäminen suunnittelun apuna mahdollistaa tarkkojen erilaisten komponenttien suunnittelun ja sijoittamisen tiloihin, sekä putkistojen yhteensovittamisen muiden eri tekniikoiden kanssa. 3D-mallin avulla tehty LVI-suunnitelma mahdollistaa tarkemman määräluettelon teon. Määräluettelo sisältää tiedot siitä, mitä

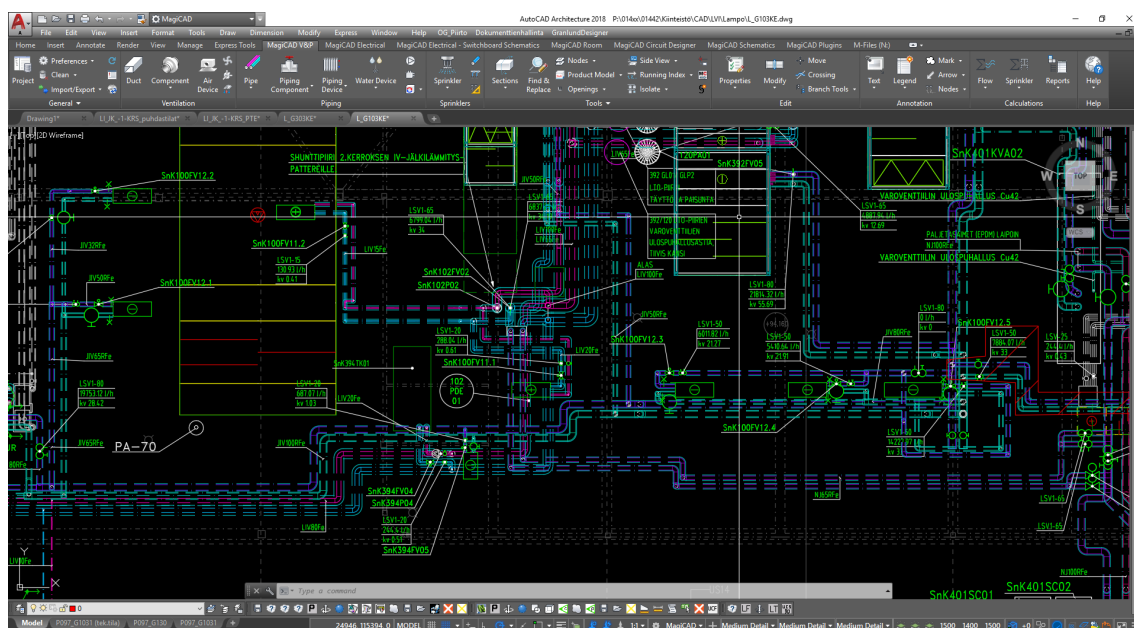
on suunniteltu muun muassa putkistojen pituudet, eristemäärät, sekä erilaisten komponenttien määrät. Määräluettelo voidaan hyödyntää esimerkiksi kustannuslaskennassa. Mikä vaatii silloin sen, että LVI-suunnittelija suunnittelee kohteen mahdollisimman tarkasti muun tekniikan kanssa ja käyttää oikeita komponentteja suunnittelussa. Määräluettelo on mahdollista tulostaa suoraan MagiCAD-ohjelmasta. Kuvassa 7 on LVI-suunnittelijan perinteinen näkymä.



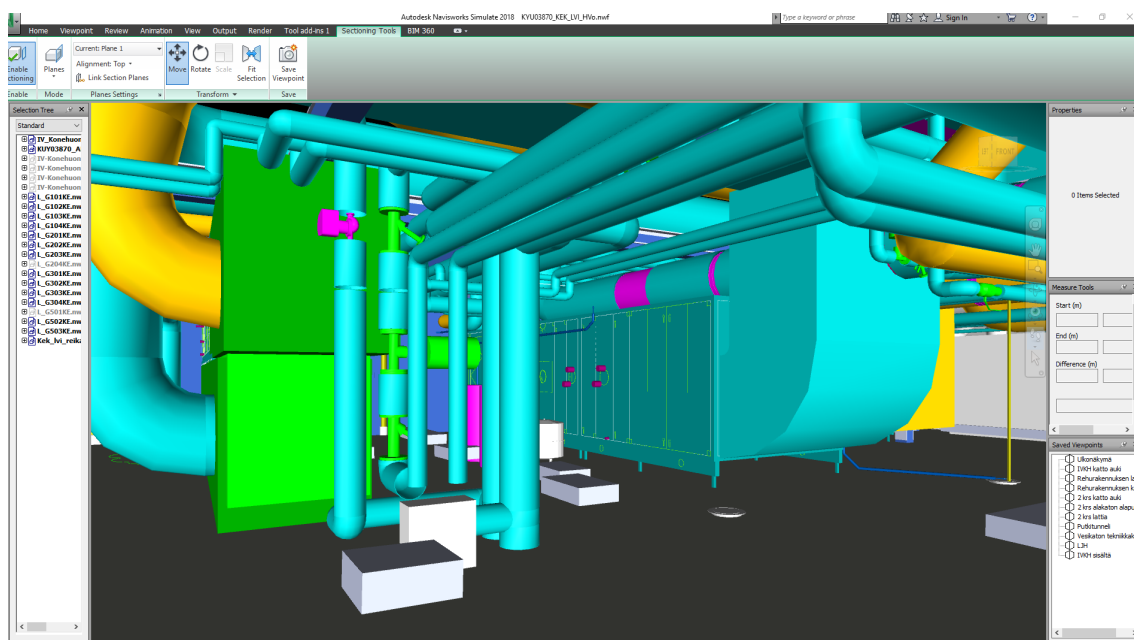
Kuva 7. Perinteinen näkymä LVI-suunnittelijalla. Vasemmalla 2D-kuva, oikealla 3D-yhdistelmämalli kohteesta.

Havainnollistaminen LVI-suunnittelussa on paljon parempaa 3D:n avulla verrattuna pelkkään kaksiulotteiseen suunnitteluun. Esimerkiksi ilmanvaihdon konehuoneen suunnittelu pelkästään kaksiulotteisena on hyvin haastavaa. Kaksiulotteinen kuva suunniteltaessa voi olla hyvin sekava, koska ilmanvaihdon konehuoneeseen tulevien komponenttien ja kanaviston määrät ovat suuria. Tällöin 3D:tä apuna käyttäen, voidaan havainnollistaa suunnittelua paljon paremmin, sekä voidaan varmistua paremmin siitä, että suunnitelma on toteutettavissa.

Kuvista 8 ja 9 nähdään ero perinteisen suunnittelunäkymän ja 3D-yhdistelmämallin välillä.



Kuva 8. Kuvassa 2D-näkymä IV-konehuoneesta.

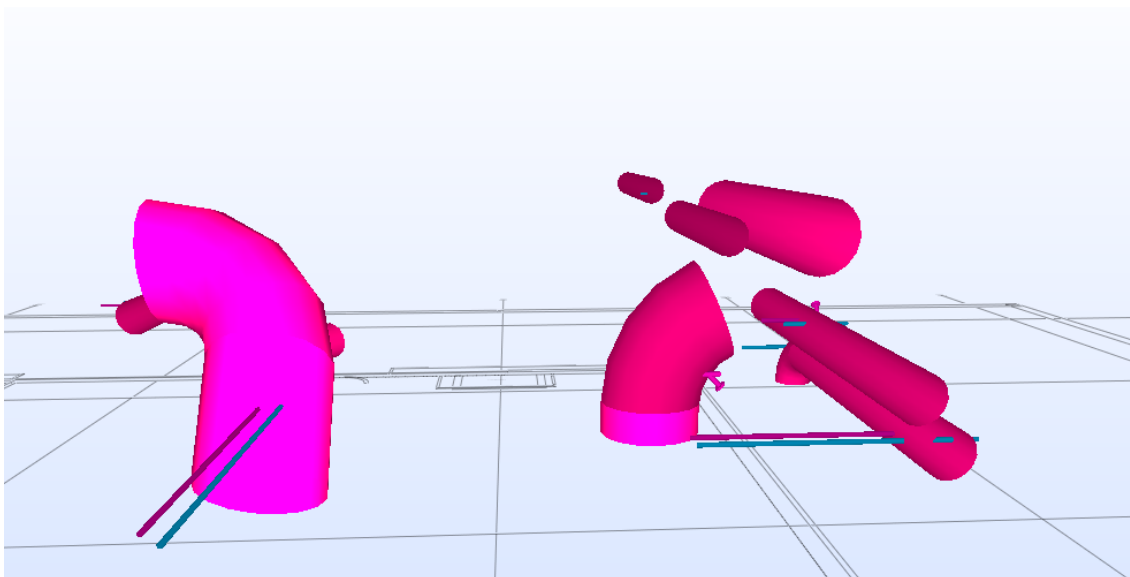


Kuva 9. Kuvassa 3D-yhdistelmämalli IV-konehuoneesta.

7.2 LVI-suunnitelman tarkastelu

Tietomallipohjaisen LVI-suunnittelun tarkastelu onnistuu sääntöpohjaisella Solibri Model Checker ohjelmalla. Ohjelma sisältää YTV2012 Yleiset Tietomallivaatimukset mukaisen sääntöpohjaisen tietomallien tarkasteluominaisuuden. YTV2012 on yleiset tietomallivaatimukset, jotka on luotu ohjeiksi tietomallinnus projekteihin. YTV2012 sisältää 14 eri osaa ja neljä (4) täydentävää liitettä; eri osat käsittelevät muun muassa taloteknistä suunnittelua ja laadunvarmistusta. Tarve yhtenäisille tietomallivaatimuksille johtuu tietomallien kasvaneesta käytöstä rakennusosalalla. [33]

Ohjelmalla voidaan tarkastella erilaisia komponenttien välisiä leikkauksia ja löytää mahdollisia ongelmakohtia. Ohjelmalla voidaan myös tarkastella talotekniikan yhteensopivuutta eri mallien esimerkiksi rakennemallin kanssa.



Kuva 10. Kuvassa ilmanvaihdon ja lämmityksen komponenttien törmäystarkastelu.

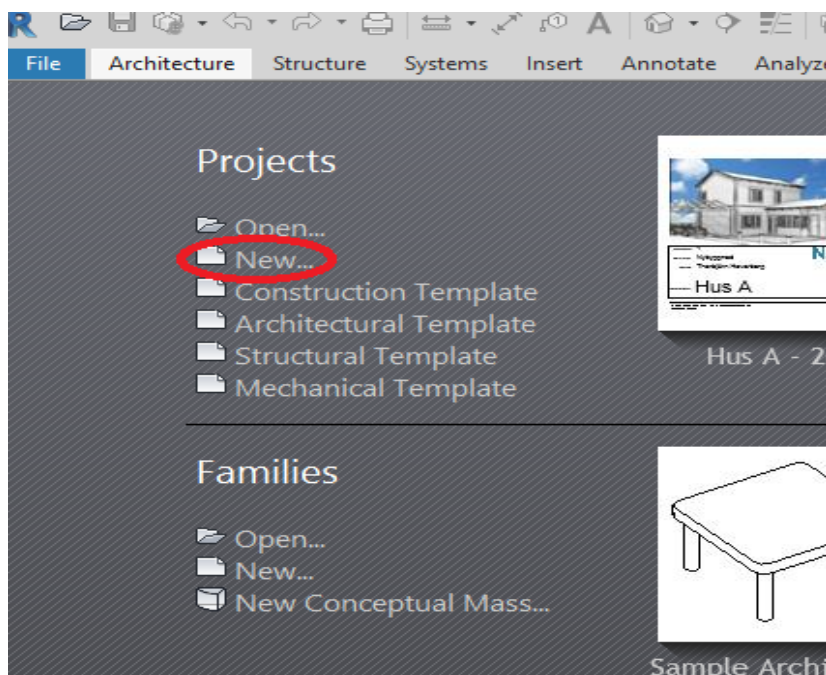
Kuvassa 10 oleva ilmanvaihdon ja lämmityksen komponenttien törmäystarkastelu huomauttaa ei sallitusta leikkauksesta. Lämpöjohdot leikkaavat ilmanvaihtokanavat ja niiden sijoittaminen tulee katsoa uudelleen.

YTV2012 osassa 4 liitteessä 1, on annettu mallinnuksen tarkkuustasot komponenttikohtaisesti. Esimerkiksi DN10-25 kokoisten kytkentäjohtojen keskinäiset risteilyt sallitaan, eikä niitä siis tarvitse erikseen mallintaa malliin geometrisesti. [33]

8 Virtuaalimallin luominen ja tarkastelu

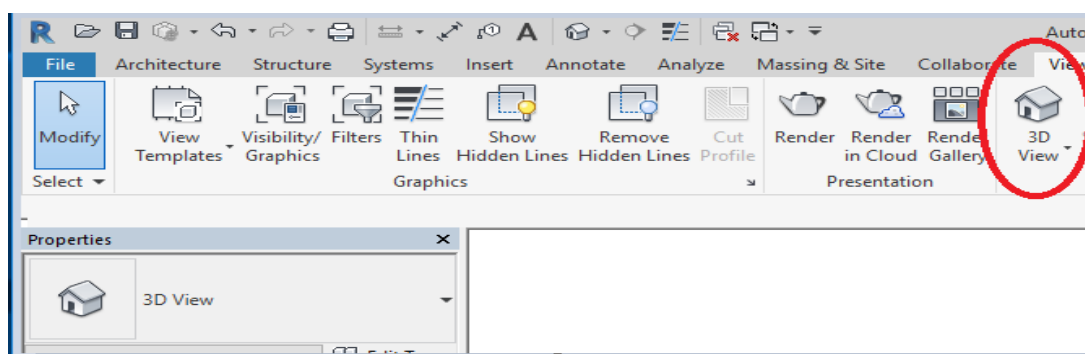
Kun virtuaalimallia halutaan tarkastella VR-laitteilla, täytyy luoda malli, joka muuntautuu yhteensopivaksi VR-laitteille. Granlundilla tämä on toteutettu käyttämällä Autodeskin Revit-ohjelmaa ja Enscape-ohjelmaa. VR-malli saadaan luotua IFC-tiedostoista. VR-mallin luominen valmiina olevista IFC-tiedostoista ei kestä kovin montaa minuuttia, joten VR-malli saadaan nopeasti tarvittaessa esitysvalmiiksi, mikäli ajantasaiset IFC-tiedostot ovat valmiina.

Kuva 11, VR-mallin luominen aloitetaan avaamalla Revit ja aloittamalla uusi projekti.



Kuva 11. Revit näkymän aloitus.

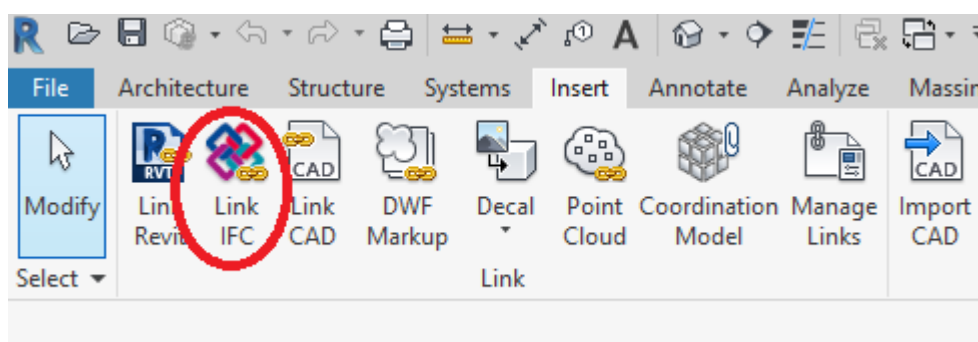
Uuden projektin valinnan jälkeen valitaan oletus template.



Kuva 12. 3D-näkymän valinta.

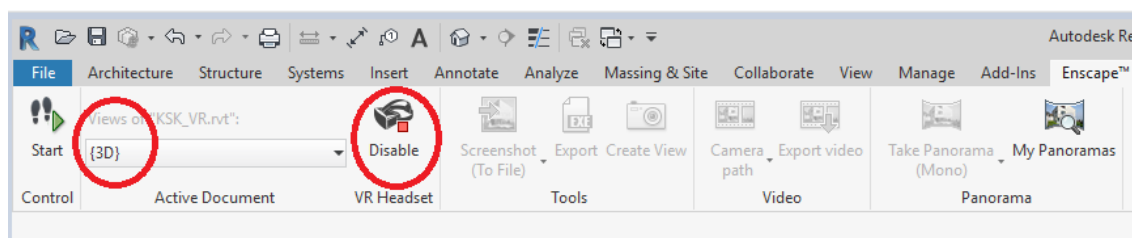
Kuvassa 12 valitaan näkymäksi 3D, projektin ja templatien valinnan jälkeen.

Kuvassa 13 valitaan Insert välilehdeltä Link IFC, jonka jälkeen aukeaa uusi ikkuna ja valitaan polku, johon IFC-tiedostot ovat tallennettu ja ladataan ne sieltä yksi kerrallaan projektiin.



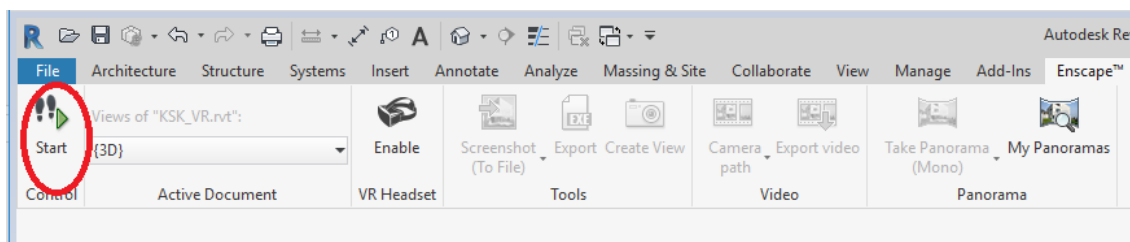
Kuva 13. IFC-tiedostojen lataaminen Revit-projektiin, valitaan Link IFC.

Kun kaikki IFC-tiedostot ovat ladattu yksi kerrallaan Revit projektiin ja projekti tallennettu, siirrytään Enscape välilehdelle. Valitaan näkymäksi 3D sekä katsotaan, että virtuaalilasit ovat myöskin valittuna, kuva 14.



Kuva 14. Näkymä Enscape välilehdeltä, jossa virtuaalilasit valittuina sekä 3D-näkymä.

Kuva 15, Enscape-ohjelma aukeaa automaattisesti painettaessa Start, ja virtuaalimallia voidaan tutkia virtuaalilaseilla edellyttäen, että lasit on kytketty tietokoneeseen.



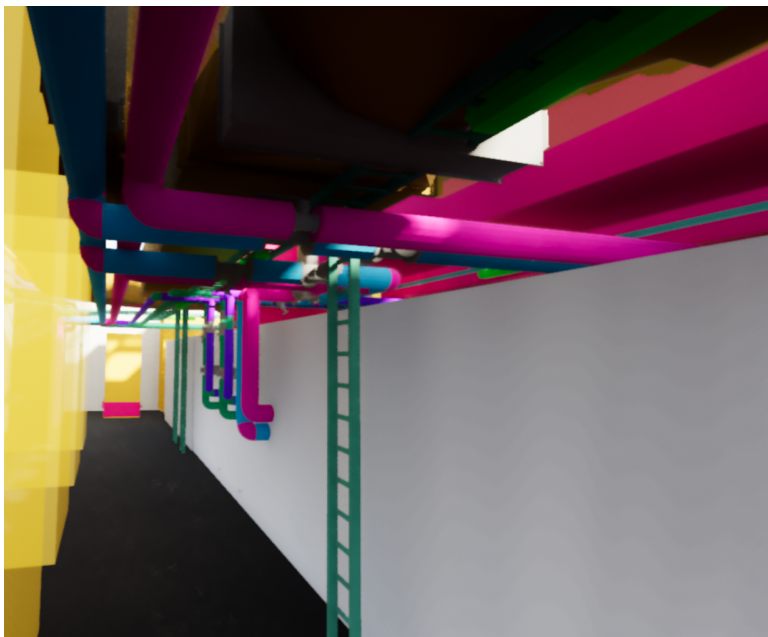
Kuva 15. Painettaessa Start Enscape aukeaa.

Kun virtuaalimalli on luotu ja Enscape ohjelma on aukaissut virtuaalimallin, voidaan mallia tutkia ja liikkua siellä lasien ja kädessä olevien ohjaimien avulla.



Kuva 16. Kuvassa LVI-suunnittelija tarkastamassa virtuaalimallia.

LVI-suunnittelijan tarkastaessa virtuaalimallia virtuaalitodellisuudessa, voidaan tarkastelijan kanssa sama näkymä myös havaita tietokoneen ruudulla. Kuvassa 16 LVI-suunnittelija tarkastelemassa virtuaalimallia ja kuvassa 17 näkymä, miltä virtuaalimallissa näyttää.



Kuva 17. Näkymä virtuaalimallista.

9 Virtuaaliympäristön luominen Granlund Kuopio Oy:lle

Virtuaaliympäristön luominen Granlund Kuopio Oy:lle aloitettiin syksyllä 2017. Virtuaaliympäristön luominen Granlund Kuopio Oy:n tiloihin vaatii uusia laitehankintoja, laite päivityksiä ja pieniä tilamuokkauksia. Virtuaaliympäristö tarvitsee pienen tilan, johon voidaan kiinteästi asentaa tietokone ja virtuaalilasit. Tilaksi valikoitui yhtiön suurimman neuvotteluhuoneen generaattorin nurkkaus, joka rajattiin omaksi tilaksi liikutettavilla sermeillä. Tällä mahdollistetaan se, että virtuaaliympäristössä voidaan työskennellä mallin tarkastelussa samalla kun neuvotteluhuone on käytössä.

Virtuaaliympäristön luomisen yhteydessä suoritettiin myös kysely koko Granlund Kuopio Oy:n henkilökunnalle, siitä miten he näkevät virtuaalitodellisuuden hyödyt ja haasteet talotekniikan suunnittelussa.

Opinnäytetyön yhteydessä kävimme esittämässä virtuaalimallia Jyväskylässä Keski-Suomen Uudensairaalan Novan-työmaalla. Siellä käyttäjät pääsivät kokeilemaan ja katsomaan mallia. Opinnäytetyön teon aikana luotiin myös virtuaalimallit Kuopion yliopiston tutkimus- ja laboratoriorakennuksesta ja kuopiolaisen lääkevalmistajan tuotantotiloista (puhdastilat).

9.1 Hankinnat

Hankinnat aloitettiin kartoittamalla markkinoilla olevia virtuaalilaseja. Markkinoilla olevia vartenotettavia virtuaalilaseja olivat Oculus Rift virtuaalilasit sekä HTC:n Vive virtuaalilasit. Virtuaalilaseiksi näistä valikoitui HTC:n Vive virtuaalilasit. Virtuaalilasien hankintahinta oli 699€. Myöskin tietokoneen keskusyksikköä jouduttiin päivittämään näytönohjaimen osalta, jotta mahdollistetaan virtuaalimallien sujuva tarkastelu. Näytönohjaimen päivittäminen kustansi 749€. Virtuaalilasien majakat tarvitsivat jalustat, sillä seinälle kiinnittäminen tässä tapauksessa ei tullut kyseeseen. Jalustat ovat perinteiset kamerajalustat, joilla voidaan nostaa virtuaalilasien majakat tarvittavaan korkeuteen. Kamerajalustojen yhteishinta oli 130€. Kun huomioon otetaan vielä käyttöön tulevan tietokoneen hinta ennen näytönohjaimen päivitystä n. 1000€, hankintojen yhteiskustannukseksi tuli noin 2 600€. Kun hintaan lisätään tietokoneen Enscape ohjelman vuosilisenssi, 679€, nousevat kokonaiskustannukset lähes 3 300 €.

Virtuaaliympäristöön tulevan muun materiaalin muun muassa sermien, pöydän ja tuolien hankinnat ja tietokoneelle tuleva SteamVR-ohjelma eivät aiheuttaneet lisäkustannuksia.

9.2 Virtuaaliympäristö

HTC:n Vive virtuaalilasien avulla käytettävä virtuaaliympäristö tarvitsee tilaksi nimissään 2x1.5m ja maksimissaan 5x5m. 5x5m on myös majakkojen maksimimietäisyys. Virtuaaliympäristöä olisi myös mahdollista käyttää ”standing only” menetelmällä, jolloin tilantarve olisi pienempi. Kuvassa 18 neuvotteluhuone, johon virtuaaliympäristö luotiin.



Kuva 18. Kuvassa neuvotteluhuone, jonka perällä oikeassa nurkassa virtuaaliympäristö ilman sermejä.

HTC-Vive VR-järjestelmä sisältää kaksi ohjainta, virtuaalilasit, kaksi majakkaa, kaksi virtalähdettä majakoille, link boxin sekä tarvittavat kaapelit virtuaalilaseille sekä ohjainten lataamista varten. Kuvassa 19 HTC-Vive VR-järjestelmän osat.



Kuva 19. HTC-Vive VR-järjestelmän osat.

Kamerajalustoille asennettiin VR-järjestelmän majakat noin 160cm korkeuteen. Majakat suunnattiin noin 40 asteen kulmaan toisiinsa nähden. Majakoiden tulee

pystyä kommunikoimaan keskenään, joten niiden väliin mitään suuria kokoaikaisia esteitä ei voi laittaa. Kun kytketään virta majakoille, majakoiden etupuolella näkyvien kirjainten tulee olla erilaiset. Mikäli molemmissa majakoissa näkyy sama kirjain, c tai b, tulee toisen majakan takana olevaa nappia painamalla muuttaa kirjain toiseksi. Tällöin majakat pystyvät kommunikoimaan keskenään. Majakoissa tulee myös näkyä etupuolella vihreä LED-valo, jolloin majakoiden välissä ei ole esteitä ja ne ovat suunnattu oikein. Mikäli LED-valo palaa violettina, tarkoittaa se sitä, etteivät majakat pysty kommunikoimaan keskenään. Silloin este niiden välistä tulee poistaa tai suunnata majakat uudestaan toisiaan kohti. Majakoissa olevat sensorit tarkkailevat liikkeitä virtuaalilaseissa olevien sensoreiden avulla, joka puolestaan mahdollistaa liikkumisen virtuaalimaailmassa. Kuvassa 20 majakat asennettuna.

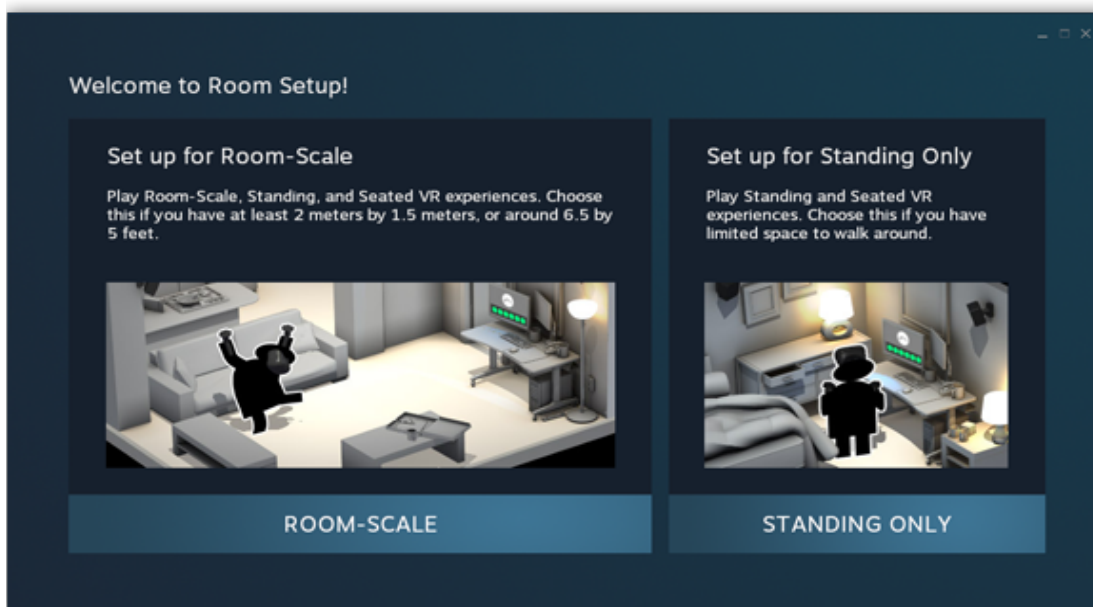


Kuva 20. Kuvassa majakat asennettuna kamerajalustoille.

Majakoiden asentamisen jälkeen voidaan asentaa virtuaalilasit mukana tulevaan linkki boksiin, virta-, USB- ja HDMI-kaapelin avulla. Sen jälkeen linkki boksi asennetaan tietokoneeseen USB- ja HDMI-kaapelilla. Jonka jälkeen voidaan ottaa mukana tulevat ohjaimet käyttöön.

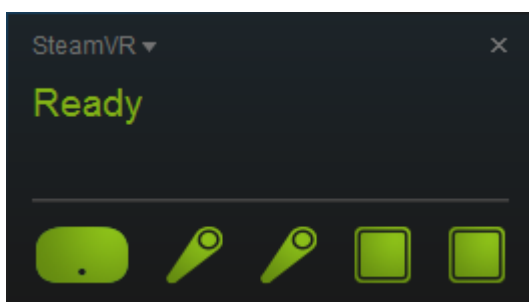
Laitteiden asentamisen jälkeen tulee tehdä virtuaalialueen rajausta. Rajausta tehdään ohjaimilla ja StemVR-ohjelman avulla. SteamVR-ohjelman lataaminen vaa-

tii rekisteröitymistä ensiksi Steam-palveluun. Rajaus tehdään ohjelman neuvo-malla tavalla, piirtämällä ohjaimilla alueen ulkoreunat. Kuvassa 21 virtuaaliympä-ristön aluerajauksen opastus.



Kuva 21. StemVR-ohjelman aluerajauksen opastamisesta. Tässä vaiheessa voi- daan valita joko huonealue jossa voi liikkua tai pelkkä seisonta-alue.

Onnistuneen alueen rajaamisen jälkeen, virtuaalilasit, ohjaimet ja majakat ovat käyttövalmiit ja niitä voidaan käyttää, kuva 22.



Kuva 22. SteamVR-sovelluksesta näkee, ovatko laitteet valmiina käyttöä varten.

9.3 Kyselytutkimuksen tulokset

Kyselytutkimuksia suoritettiin kolme (3) kappaletta. Ensimmäinen kysely suoriteti- tiin ennen 12.10.2017 järjestettyä ”Virtuaalimallien hyödyntäminen” infotilai- suutta, jonka piti Granlund Oy:n tietomalliasiantuntija Juha Tuomainen. Ensim- mäinen kysely lähetettiin Granlund Kuopion henkilökunnalle ja sen tarkoituksena

oli kartoittaa vastaajien tietoisuutta virtuaalitodellisuudesta ja sen mahdollisuuksista. Toinen kysely suoritettiin ko. infotilaisuuden jälkeen ja se kohdistettiin infotilaisuudessa mukana olleille henkilöille. Toisessa kyselyssä selvitettiin, muutuiko vastaajien käsitys virtuaalitodellisuuden mahdollisuuksista, kun he olivat osallistuneet infotilaisuuteen. Kolmas kysely toteutettiin neljän (4) kuukauden kuluessa VR-laitteiden hankinnasta ja kohdistettiin Granlund Kuopion projektinjohtohenkilöstölle. Kolmannessa kyselyssä selvitettiin, onko VR-laitteille ollut käyttöä projekteissa ja aiotaanko niitä käyttää tulevilla projekteilla.

Ensimmäiseen kyselyyn vastasi 28 henkilöä, heistä 27 tiesi mitä tarkoitetaan virtuaalitodellisuudella, kun taas vain 11 henkilöä tiesi eron virtuaalitodellisuuden ja lisätyn todellisuuden välillä. 16 vastaaja ei ollut käyttänyt virtuaalilaseja. 17 henkilöä käytti päivittäin CAD- tai Navisworks-ohjelmaa suunnitteluun. 24 vastaajaa koki, että virtuaalitodellisuudesta voi olla hyötyä heidän työtehtävissään. Kyselyssä kysyttiin myös, ovatko vastaajat tutustuneet VARPU- tai MARIN2-virtuaaliprojekteihin, joissa Granlund Oy on mukana. 28 vastaajasta vain yksi (1) henkilö oli tutustunut molempiin ja yksi (1) henkilö vain toiseen projektiin.

Kysyttäessä kehitysideoita, vastauksissa toistui suunnitelmien esittely tilaajille sekä LVI-tekniikan asennettavuuden varmistaminen. Virtuaalitodellisuuden suurimpana haasteena työtehtävissä koettiin työmäärän lisääntyminen projekteissa, mikäli se lisää pikkutarkkaa ja normaalia suunnitteluprosessia tarkempaa suunnittelutyötä. Tämä voisi vaikuttaa negatiivisesti projektin kustannuksiin.

Toinen kysely suoritettiin Virtuaalitodellisuuden infotilaisuuteen 12.10.2017 jälkeen, johon osallistui 25 henkilöä. Heistä 16 vastasi uuteen kyselyyn, heistä kaksi (2) ei ollut vastannut ensimmäiseen kyselyyn. Infotilaisuuteen osallistuneista 14 vastaajaa käytti CAD-ohjelmaa säännöllisesti suunnitteluun. Infotilaisuus ei aiheuttanut suurta muutosta vastaajien käsitykseen virtuaalitodellisuuden hyödyntämisen mahdollisuuksista talotekniikan alalla. 16 vastaajasta 11 koki, ettei infotilaisuus muuttanut heidän käsitystään.

Toisessa kyselyssä ilmeni infotilaisuuden ja virtuaalitodellisuuden testaamisen jälkeen, se että vastaajat kokivat virtuaalitodellisuuden olevan hyvä keino esittää asiakkaille tiloja ja mallihuoneita rakennuskohteesta.

Kolmas kysely kohdistettiin Granlund Kuopion projektinjohtohenkilöstölle. Kahdeksasta (8) vastaajasta kolme oli käyttänyt virtuaalitodellisuutta jossain projektissa. Suurin osa vastaajista aikoi hyödyntää virtuaalitodellisuutta tulevilla projekteilla.

Kyselytutkimukset löytyvät kokonaisuudessaan liitteistä 1, 2 ja 3.

10 Pohdinta ja tulokset

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia virtuaalitodellisuuden hyödyntämistä talotekniikanalalla, tarkemmin ottaen LVI-suunnittelussa. Granlund Oy:ssa virtuaalitodellisuutta on koitettu ottaa käyttöön lähes 20 vuotta sitten, mutta aika silloin ei vielä ollut kypsä ja laitteet olivat huomattavasti raskaampia ja ne olivat enemmän ”cave” tyyppisiä ratkaisuja.

Virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen LVI-suunnittelun apuna vaati sen, että kohde mallinnetaan. Vielä ei mallinnusta jokaisesta kohteesta tehdä, vaan mallinnettavat kohteet keskittyvät enemmän isoihin rakennushankkeisiin, joihin asennetaan paljon tekniikkaa ja joka vaatii tekniikan yhteensovittamista. Kovin pienissä kohteissa virtuaalitodellisuuden käyttö ei ole taloudellisesti kannattavaa sen työmäärästä johtuen.

Virtuaalimallien teko tällä hetkellä on myös hieman aikaa vievää. IFC-tiedostojen kääntäminen Revit-ohjelmaan ei aina luonnistu yhtä helposti kuin pitäisi. Ongelmia aiheuttavat välillä IFC-tiedostojen lataaminen projektiin, sekä mallin saaminen 3D-kuvaksi Revit-ohjelmaan. Tästä johtuen mallin tekeminen voi kestää muutamasta minuutista jopa kymmeniin minuutteihin. Aikaan vaikuttaa myös IFC-tiedostojen määrä ja koko. Tästä herää kysymys, onko virtuaalimallien teko Revit-ohjelmalla ja mallin katselu Enscape-ohjelmalla tehokkain väline yrityksen käyttöön, mikäli tekniikkaan ei vielä voi täysin luottaa? Vai vaatisiko mallin tuottaminen lisää perehtymistä käyttäjiltä?

Granlundilla on nyt tämän opinnäytetyön prosessin lopulla saatu käyttöön uusi ohjelma Design Space, joka mahdollistaa virtuaalimallien teon. Mallien tuottaminen uudella ohjelmalla yrityksen sisällä onnistuu aikaisintaan maaliskuun aikana. Tästä johtuen ohjelmien vertailu mallien tuottamisen helppoudesta ja ajallisesti ei vielä työn aikana onnistunut.

Edellä mainittu Enscape-ohjelma oli jonkin aikaa ainoa ohjelma, jolla voitiin tarkastella virtuaalimallia, kunnes rinnalle saatiin 3D-Talon Design Space-ohjelma. Enscape ja Revit ovat hyvä yhdistelmä näyttää ja luoda virtuaalimalleja. Virtuaalimallin katsominen ja siellä liikkuminen on hyvä keino tarkastella kohdetta ja yhteensopivuutta tekniikan kohdalla, mutta riittääkö se pelkästään yrityksen käyttöön?

Onko Enscape-mallissa liikkuminen vain ”kivaa” silloin tällöin, mikäli siinä ei voi tehdä mitään muuta ja saadaanko tällaisesta mallista aidosti tarpeeksi hyötyä suunnittelun avuksi tai suunnitelmien havainnollistamiseksi esimerkiksi tilaajalle tai loppukäyttäjille? Enscapen työasemalisenssi kustantaa 420 € vuodessa, ja ohjelmista täytyy olla oikeasti hyötyä liiketaloudellisesti. Ohjelmien täytyy tukea yrityksen toimintaa, kuten kyselyssä kaksi asiaan on otettu kantaa useamman henkilön toimesta.

3D-Talon Design Space-ohjelmaa päästin testaamaan alkuvuodesta 2018 ja sitä on testattu muutamia kertoja yhdessä projektissa. Design Space mahdollistaa virtuaalimallin tarkastelun; se tarjoaa myös erilaisia työkaluja joita voi käyttää virtuaalitodellisuudessa. Ohjelmien pidempiaikainen tutkiminen ja vertailu ei tämän työn aikana vielä ollut mahdollista. Muutamien testaamisien kautta tulleiden kokemusten sekä ohjelman kehittäjien haastattelujen perusteella Design Space-ohjelma voisi vastata paremmin Granlundin tarpeisiin. Joten aiemmin hankittu Enscape-ohjelma saattaa jäädä välivaiheeksi ja siirtyään suoraan virtuaalimallien hyödyntämisessä Design Space-ohjelman suuntaan. Se tarjoaa enemmän työkaluja virtuaalitodellisuuden hyödyntämiseen. Tällöin käyttäjä pääsee itse vaikuttamaan suunnitteluun, kun hän näkee paremmin ymmärrettävässä muodossa olevat suunnitelmat ja pääsee itse tekemään mahdollisia merkintöjä virtuaalitodellisuudessa. Virtuaalitodellisuus mahdollistaa myös paremman ymmärrettävyy-

den suunnitelmien osalta. Perinteiset paperisuunnitelmat ovat teknisiä piirustuksia ja virtuaalitodellisuudessa ne saadaan paremmin ymmärrettävään muotoon ei-rakennusalan ammattilaisen silmissä.

Virtuaalitodellisuuden ”toinen” tuleminen on lähtenyt hyvin liikkeelle, eri toimialojen yritysten ottaessa virtuaalitodellisuutta mukaan liiketoimintaan. Mutta lyökö virtuaalitodellisuus vieläkkään läpi LVI-suunnittelussa? LVI-suunnittelussa virtuaalitodellisuuden käyttö on vasta alussa. Monesti uusiin asioihin lähdetään innoissaan mukaan ja panostetaan siihen jonkin aikaan, mutta alkuhuuman jälkeen kiinnostus lopahtaa. Virtuaalitodellisuuden hyödyntämiseen vaikuttaa myöskin laitteiden helppokäyttöisyys. Tällä hetkellä virtuaalimallin tarkasteluun ja tutkimiseen on luotu kiinteä piste yrityksen tiloihin. Mikäli mallien tarkastelu olisi mahdollista omalta työpisteeltä käsin, se helpottaisi virtuaalimallien jalkauttamista osaksi suunnitteluprosessia. Työpisteelle soveltuvat virtuaalilasit ilman erillisiä majakoita kustantaa n.500€. Kiinteäpiste tällä hetkellä ”pakottaa” asiakkaat tulemaan vierailemaan yrityksen tiloihin, jos virtuaalimallia halutaan esittää heille. Kiinteäpiste on kyllä siirrettävissä tai otettavissa mukaan, mutta se vaatii pöytä-tietokoneen mukaan ottamista ja VR-laitteiden uudelleen kasaamista.

Mikäli virtuaalimallia mennään asiakkaan tiloihin esittämään, olisikin tehokkain keino käyttää kannettavaa tietokonetta VR-lasien kanssa. Virtuaalilasien lisäksi markkinoille on tulossa AR-laseja, tuleeko tulevaisuudessa lisätyn todellisuuden lasit korvaamaan VR-lasit? AR-laseilla voidaan täydentää ympärillämme olevaa maailmaa, kun puolestaan VR-laseilla katsotaan keinotekoisesti luotua maailmaa. AR-lasit eivät tarvitse erillistä tietokonetta, vaan ne itsessään sisältävät tarvittavat tekniikan. VR-lasit voivatkin olla pelkkä välivaihe, kun markkinoille odotetaan hinnaltaan kuluttaja ystävällisiä AR-laseja. Tällä hetkellä virtuaalimalleista ei pysty näkemään tietosisältöä, joten virtuaalimalli ei ole varsinainen tietomalli. Virtuaalimalli on ennemminkin geometriamalli, jonka käyttö esimerkiksi työmaalla vaatii lähtökohtaisesti suunnitelmien parempaa tuntemista.

Keski-Suomen Virtuaalimallista tulleita huomioita, joita käyttäjiltä tuli ensimmäisenä, oli virtuaalimallin värimaailma. Tällä hetkellä virtuaalimallin värit tulevat suoraan CAD-ohjelmasta, jolla suunnitelmat piirretään. Virtuaalimallien värit ker-

toivat kuitenkin suunnittelijoille tärkeää tietoa, väreistä he voivat esimerkiksi erottaa tulo- ja poistoilmakanavat. Käyttäjille värit voiva pompata helposti silmille ja viedä huomion pois itse tutkittavasta asiasta. Muiden suunnittelijoiden kanssa voidaan katsoa virtuaalimallia jossa putket törmäävät. Suunnitelmissa törmäykset ovat sallittu tiettyjen putkikokojen kohdalla, ohjeet näihin ohjearvoihin antaa YTV2012. Asiakkaalle esittäessä virtuaalimallia tulisikin luoda mallihuoneet, jotka ovat virheettömiä muun muassa putket eivät törmäile keskenään. Visuaalisuuteen tulee panostaa enemmän mallihuoneiden kohdalla, jolloin virtuaalimallin värit ja pinnat tulisi muokata lähemmäs todellisuutta, etteivät ne aiheuttaisi hämmennystä asiakkaissa joille mallia esitetään.

11 Johtopäätökset

Haastattelujen ja kyselytutkimusten perusteella tuli selkeästi esille, että virtuaalitodellisuudelle on kysyntää talotekniikan suunnittelussa ja sitä halutaan hyödyntää suunnittelun apuvälineenä ja mallitilojen esittelyssä tilaajille. Virtuaalimalli antaa hyvän todellisen kuvan tilaajalle rakennuksesta ja siitä, miten tekniikka sinne voidaan asentaa ja onkin hyvä lisä perinteisten CAD-ohjelmien lisäksi jotka hallitsevat suunnittelua. Kyselyissä ja haastatteluissa tuli myöskin ilmi haasteita joita virtuaalimallien käyttö voi aiheuttaa, suurimpina haasteina pidettiin ohjelmistojen yhteensopivuutta ja työn määrän lisääntymistä projekteissa.

Yhteenvetona voidaankin todeta, että tulevaisuudessa virtuaalimallien käyttö varmasti lisääntyy myös talotekniikan alalla, kun ohjelmistot kehittyvät tarpeeksi. Myöskin virtuaalilasit kehittyvät jatkuvasti mm. lasien grafiikka paranee, hinnat laskevat ja lasesta tulee kevyempiä eikä erillisiä majakoita tarvita. Markkinoilla on erilaisia ohjelmia virtuaalimallien tarkasteluun, osalla voidaan ainoastaan tarkastella mallia, osalla voidaan tehdä merkintöjä, mittauksia ja luoda erilaisia objekteja virtuaalimalliin. Haasteita näin alkuvaiheessa on mallien luomisessa ja oikeiden ohjelmien löytämisessä. On tärkeää löytää yrityksen omaan tarpeeseen

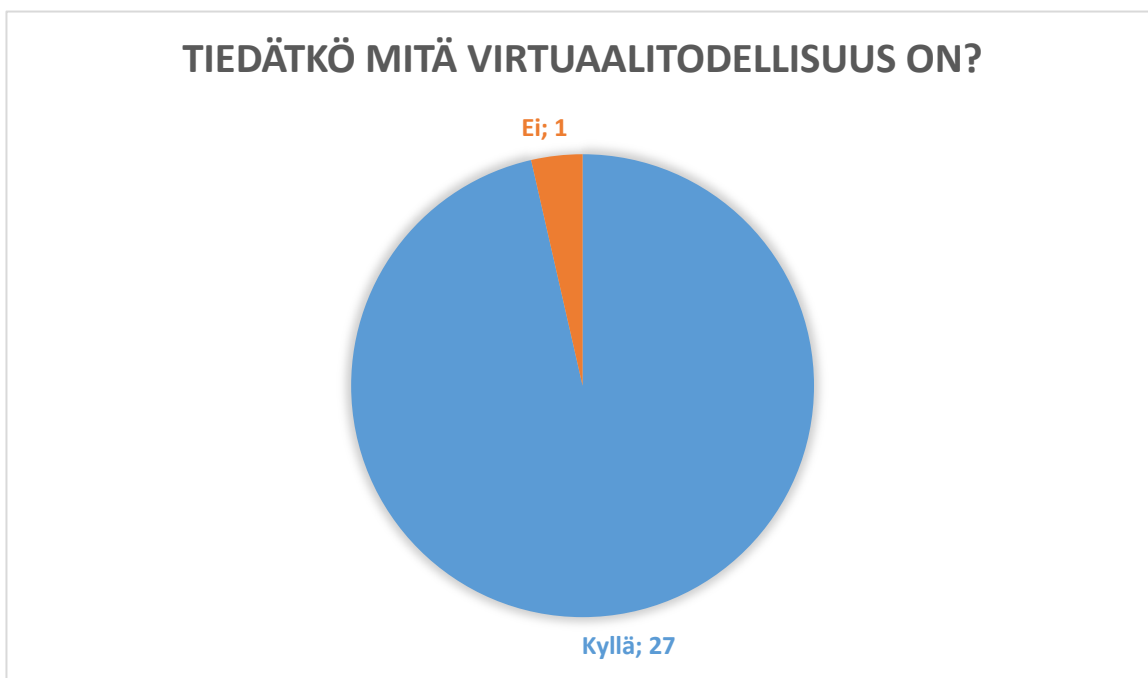
sopivat tuotteet, jotka antavat parhaat mahdollisuudet virtuaalimallien hyödyntämiseen. Tämä on myöskin tärkeää liiketaloudellisesti, jolloin mm. mallien tuottamiseen ei mene ylimääräistä työaikaa ja syntyy myös tilaajalle / käyttäjälle lisäarvoa malleista.

Opinnäytetyöprosessi oli mielenkiintoinen ja oli hienoa olla mukana ottamassa käyttöön uutta työkalua LVI-suunnittelun apuvälineeksi. Virtuaalitodellisuudessa on potentiaalia. Tulevaisuus virtuaalimallien hyödyntämiseen näyttää lupaavalta. Ohjelmien ja laitteiden jatkuvan kehityksen myötä on tärkeää, ettei jättyä jalkijunaan virtuaalitodellisuuden kehityksestä. Jatkokehitysmahdollisuuksia virtuaalimallien hyödyntämiseen on valtavasti talotekniikan alalla. Olisi mielenkiintoista tietää, kuinka virtuaalimalleja voisi hyödyntää LVI-asennuksissa työmaalla. Myöskin AR-lasien mahdollisuudet talotekniikan alalla olisi mielenkiintoinen tutkimuksen kohde.

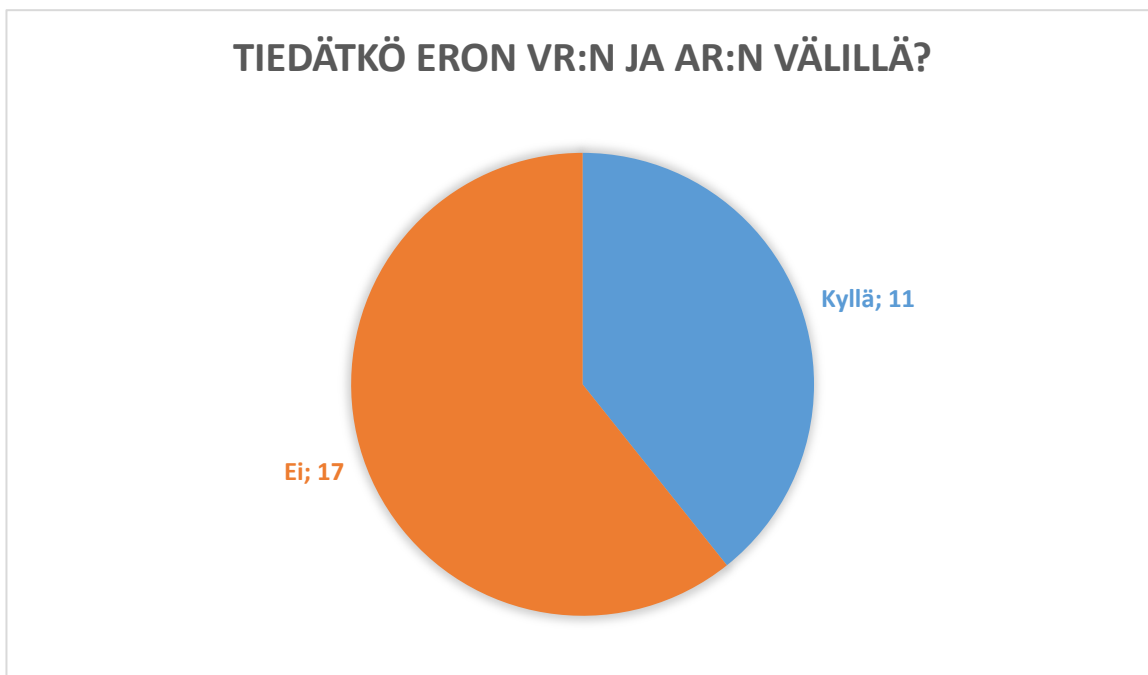
Lähteet

1. Jäväjä, P & Lehtoviita, T. Tietomallintaminen Rakennustyömaalla. Helsinki: Rakennustieto Oy. 2016. ISBN: 978-952-267-144-8
2. Granlund Oy. Varpu. 2017. [Viitattu: 24.02.2018] Saatavissa: <http://www.granlund.fi/ajankohtaista/granlund-kehittaa-varpu-hankkeessa-kiinteistojen-yllapitoon-uusia-virtuaalitodellisuuden-ratkaisuja/>
3. Minna Kärkkäinen. Talotekniikka pelinkehittäjän silmin. Talotekniikka-lehti. 08. 2017. 26-27.
4. Granlund Oy. Granlund Yhtiö. 2017. [Viitattu: 28.10.2017] Saatavissa: <http://www.granlund.fi/yhtiosta/> 28.10.2017
5. Granlund Oy. Granlund Kuopio. 2017. [Viitattu: 28.10.2017] Saatavissa: <http://www.granlund.fi/yhteystiedot/kuopio/> 28.10.2017
6. Franklin Institute. VR-history. 2018. [Viitattu: 01.01.2018] Saatavissa: <https://www.fi.edu/virtual-reality/history-of-virtual-reality>
7. Virtual Reality Society. VR-history. 2018. [Viitattu: 01.01.2018] Saatavissa: <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/history.html> virtual reality society
8. Tuomainen Juha. Tietomalliasiantuntija. VR tarinaa. Tommi.Pyykko@granlund.fi 21.12.2017
9. Granlund Oy. Pallot osoittamassa ilmavirtausta. 2014. [Viitattu: 25.11.2017] Saatavissa: <https://www.youtube.com/watch?v=Vhc3kJXvOlc>
10. EVE – THE EXPERIMENTAL VIRTUAL ENVIRONMENT. 2017. [Viitattu: 21.12.2017] Saatavissa: <http://www.tml.tkk.fi/Research/EVE/historia.html>
11. Hietanen, J. Tietomallit ja rakennusten suunnittelu. Helsinki: Rakennustieto Oy. 2005. 26 s. ISBN: 951-682-783-7
12. Granlund Oy. Tietomalli. 2017. [Viitattu: 07.12.2017] Saatavissa: <http://www.granlund.fi/palvelut/suunnittelu/tietomallinnus/yhdistelmamallit/>
13. Laine, T. Tuotemallintaminen talotekniikan suunnittelussa. Tampere: Rakennustieto Oy. 2008. ISBN: 978-951-982-859-9
14. Building Smart. IFC. 2018 [Viitattu: 02.01.2018] Saatavissa: <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-releases>
15. Blog Areo. IFC. 2018. [Viitattu: 02.01.2018] Saatavissa: <http://blog.areo.io/ifc4-is-it-ready-yet/>
16. Ketamo, H & Multisilta, J. Multimedia. Nyt. Tampere: Teknillinen Yliopisto. Porin yksikkö. Julkaisu 1. 2004. ISBN: 952-15-1231-8
17. Vatanen. Virtuaalitodellisuus. 2017 [Viitattu: 07.12.2017] Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-9072959>
18. Ronald Azuma. Augmented reality. 2018. [Viitattu: 02.01.2018] Saatavissa: <http://www.cs.unc.edu/~azuma/ARpresence.pdf>
19. Vive. HTC-Vive virtuaalilasit. 2017. [Viitattu: 25.11.2017] Saatavissa: <https://www.vive.com/us/product/vive-virtual-reality-system/>
20. Samsung. Samsung Gear VR-lasit. 2018. [Viitattu: 25.11.2017] Saatavissa: <http://www.samsung.com/fi/wearables/gear-vr-r323/>
21. Rajala, J. Virtuaalimalli ja –tila suunnitteluvälineenä. 2012. Aalto PRO. Pääsuunnittelija-koulutusohjelma. [Viitattu: 23.10.2017] Saatavissa: <https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/4826>

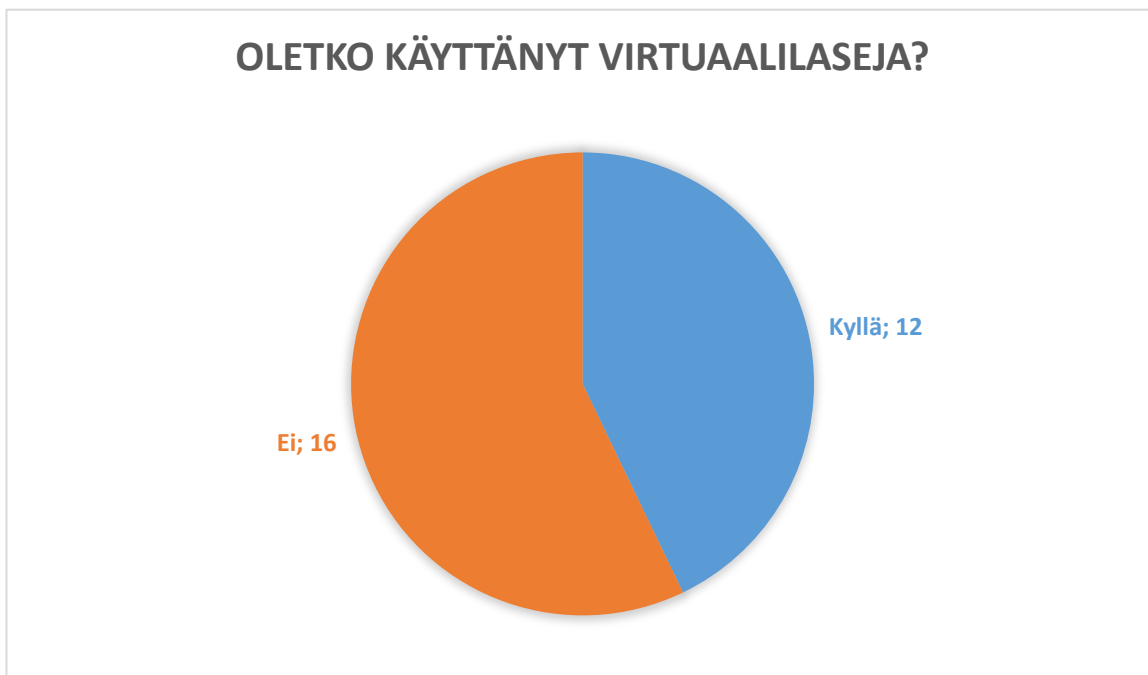
22. MagiCAD. MagiCAD. 2017 [Viitattu: 01.11.2017] Saatavissa: <https://www.magicad.com/fi>
23. Revit. Revit. 2017 [Viitattu: 01.12.2017] Saatavissa: <https://www.autodesk.fi/products/revit-family/overview>
24. Autodesk Navisworks. Navisworks. 2017. [Viitattu: 01.12.2017] Saatavissa <https://www.autodesk.fi/products/navisworks/subscribe?plc=NAVMAN&term=1->
25. Autodesk Navisworks. Navisworks. 2017. [Viitattu: 01.12.2017] Saatavissa: <https://www.autodesk.com.au/products/navisworks/features/model-simulation-and-analysis/5d-project-scheduling-includes-time-and-cost>
26. Solibri. Solibri. 2017. [Viitattu: 01.12.2017] Saatavissa: <https://www.solibri.com/contact/solibri/>
27. Solibri. Solibri. 2017 [Viitattu: 0.01.2018] Saatavissa: <https://www.solibri.com/fi/> 1.12.2017
28. Jaatinen, Matti. Sales Consultant. Solibri ohjelmien hinnat. 1401320@edu.karelia.fi 10.01.2018
29. Symetri. 2017. Revit VR-kurssiaineisto.
30. Enscape. Enscape. 2017 [Viitattu: 04.12.2017] Saatavissa: <https://enscape3d.com>
31. 3D Talo. Design Space. 2018 [Viitattu: 07.02.2018] Saatavissa: <http://3dtalo.fi/design-space/>
32. Tuomas Korhonen. Monikäyttö. Ohjelmoija Reality Capture. 3D Talo. Puhelinhaastattelu. Tommi Pyykkö. 14.02.2018
33. YTV2012. Yleiset tietomallivaatimukset. 2018 [Viitattu: 02.01.2018] Saatavissa: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_1_yleinen_osuus.pdf



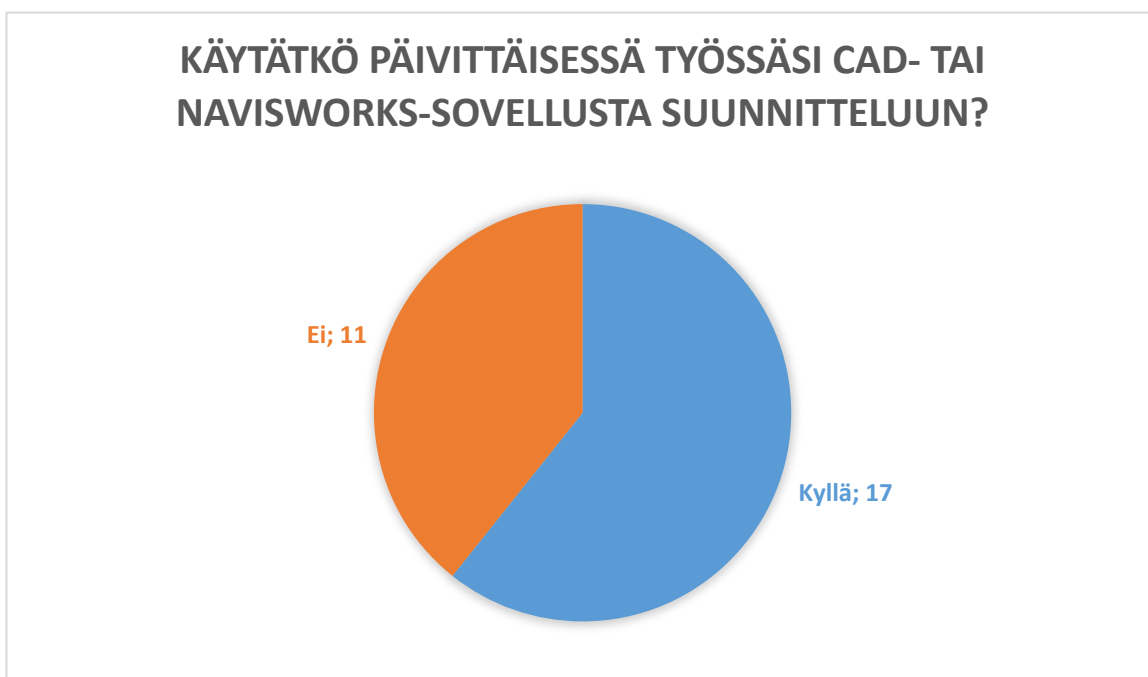
Kuvio x. Vastaajat tiesivät, mitä virtuaalitodellisuudella tarkoitetaan.



Kuvio x. Yli puolet vastaajista ei tiennyt eroa VR:n ja AR:n välillä.



Kuvio x. Yli puolet vastaajista ei ollut koskaan käyttänyt virtuaalilaseja.



Kuvio x. Suurin osa vastaajista käytti CAD- tai Navisworks-sovellusta suunnitteluun.



Kuvio x. Lähes kaikki kokivat, että virtuaalilaseista voisi olla hyötyä heidän työtehtävissä.

Minkälaisia kehitysideoita virtuaalitodellisuuteen liittyen tulee mieleen?

- ” Siirtyminen mallissa helppoa”
- ” Laitteet ovat kalliita”
- ”Suunnitelmien esittely maallikoille”
- ” Etenkin asennuspuolelle pysyisi mahdollisesti virtuaalisesti simuloimaan LVI-asennusten tekoa. Esim. onnistuuko toisen tekniikan asentaminen, vaikka alapuolinen tekniikka olisi jo asennettu. Eli asennettavuuden testaaminen jo suunnitteluvaiheessa (yhteensovitus)”
- ” Asiakkaan olisi ehkä helpompi saada käsitys, mitä muutoksia haluavat suunnitelmiin, kun käyttäisivät virtuaalitodellisuutta. Myös suunnittelussa tilojen riittävyyden / väljyyden hahmottamisessa. Jos virtuaalimalliin saisi kaikki mahdolliset rakennusten oikeat pinnat ja suunnitellut valaisimet oikeilla tehoilla, silloin voisi tarkastella miltä tilat tuntuvat ennen rakentamista ja voisi tehdä tarvittaessa korjauksia, eikä tarvitsisi tyytyä pelkkään dialux evoon.”
- ” Rakennusten tietomallien tarkastelussa voisi viedä asiaa pidemmälle tai ainakin siten, että käyttö yleistyisi. Saataisiin valaistus ja sen ohjaus esim. visualisoitua käyttäjälle.
- ” Havainnollistaminen, optimointi, siirrettävä mobiilikalusto, suunnittelun tehokas apuväline.”
- ” Virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen terveydenhuollon toimintaympäristössä.”

Mitä virtuaalitodellisuuteen liittyvää tulisi tutkia opinnäytetyössäni?

- *"Miten malleja voisi tehokkaasti hyödyntää havainnollistamisessa?"*
- *"Miten tekniikka huolettavuutta voitaisiin tutkia virtuaalitodellisuudessa?"*
- *"Keinoja alentaa kynnystä VR:n käyttämisen aloittamisessa mahdollisimman alas."*
- *"Kuinka paljon virtuaalitodellisuutta hyödynnetään asennettavuuden / yhteensovituksen tiimoilta?"*
- *"Saako sillä hyötyä / kannattavuutta suunnitteluun? Mitä lisäarvoa se saa aikaan Navisworks malliin nähden? Kuinka helppo käyttöistä se on? Mikä on paras sovellus / laitteisto meidän käyttöön?"*
- *"Kiinteistön ylläpidossa virtuaalilasien mahdollisuudet?"*
- *"Käytännön puolta myös, kuinka eri ohjelmistot yms. toimivat / eivät toimi tietomallien tarkastelussa."*
- *Mitä asioita käyttäjät haluavat nähdä virtuaalisesti. Mitä asioita käyttäjiltä halutaan tietää esittelyn jälkeen. Miten virtuaalisesti mallista saatuja palautteita jatkopalostetaan?"*
- *"TATE-mallien visuaalisen näytävyyden parantaminen"*
- *"Terveysthuollon henkilöstön koulutus virtuaalitodellisuuden avulla"*

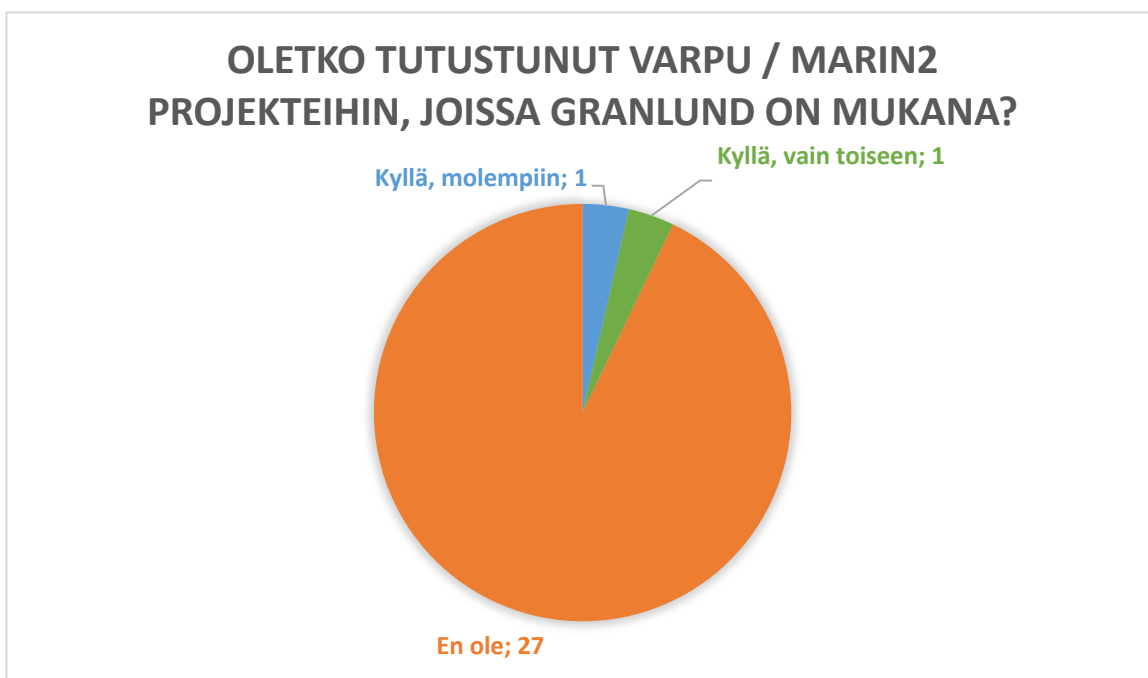
Mitä haasteita virtuaalitodellisuus voi tuoda työtehtäviisi / projekteihin?

- *"Työmäärän lisääntyminen"*
- *"Kuvittelisin, että vähän samaa kuin tietomallien tuomat haasteet. Paljon tarkemmin pitää järjestelmien reittiä suunnitella kuin vanhaan 2D-leikkaus ja tasokuva maailman aikana. Hankalat risteyskohdat pomppaavat helpommin silmille, kuin 2D maailman aikaan."*
- *"Ohjelmien toimiminen sujuvasti osana työtä"*
- *"Laitteiston / ohjelmiston harjoittelu. Hyödyn saaminen? Meidän ohjelmien synkkaus virtuaalitodellisuus systeemin kanssa."*
- *"Tehot eivät riitä laitteissa"*
- *"Lisää työtä ilman erillistä korvausta, projektien talous kärsii"*
- *Sähköpuolella tarvitaan tarkempaa mallinnusta rasioiden ym. kalusteiden kannalta. Sähkökalusteiden 3D-kirjasto on vielä osin puutteellinen, kaikkia objekteja ei löydy vielä MagiCadin valikoimasta"*
- *"Tietotulvan jatkopalostus siten, että käyttäjät kokevat osallistumisen hyödylliseksi."*
- *"Mallintamisen tarkkuus- ja visuaalisuusvaatimukset kasvavat ja sitä kautta ajankäyttö pikkunäpertelyyn kasvaa lisääntyy."*
- *"Tekninen toteutus ja kustannukset tuntuvat yhtä suurimmilta murheenkryyniltä."*

Liite 1.

5(5)

Oletko tutustunut Varpu / Marin2 projekteihin, joissa Granlund on mukana?



Liite 2.

1(2)

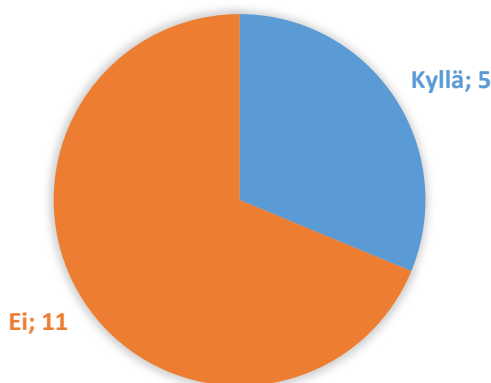


Kuvio x. Lähes kaikki vastasivat myöskin aiempaan kyselyyn.



Kuvio x. Lähes kaikki vastaajista käyttivät CAD-ohjelmistoja suunnitteluun.

**MUUTTUIKO KÄSITYKSESI VR-TEKNIIKAN
HYÖDYNTÄMISESTÄ ALALLAMME
INFOTILAISUUDEN JÄLKEEN?**



Kuvio x. Kahdella kolmesta vastaajasta ei muuttunut käsitys VR-tekniikan hyödyntämisestä.

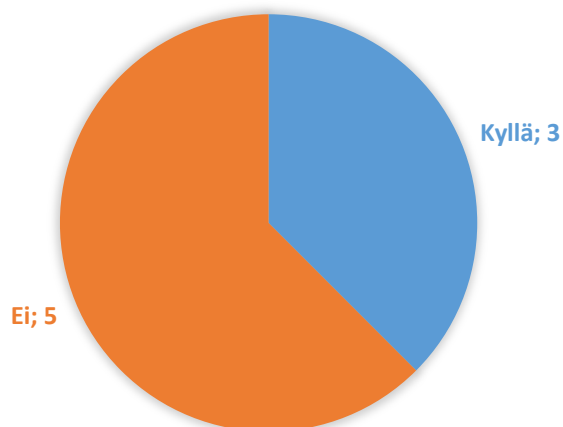
Muuttuiko käsityksesi VR-tekniikan hyödyntämisestä alallamme infotilaisuuden jälkeen?

- *"Luulin, että siitä saisi enemmän hyötyä navikseen nähden. Mutta ainakin omassa toiminnassani Navisworks toimii paremmin ja yksinkertaisemmin."*
- *"Tulevaisuudessa varmasti on hyötyä noista VR-malli kävelyistä"*
- *"Nyt on edes joku käsitys mistä puhutaan, aiemmin ei ollut mitään käsitystä."*
- *"Laajempi näkemys asiasta."*
- *"Tilaajalle saadaan luotua selkeämpi kuva valmiista jo ennen rakentamisen aloittamista ja näin säästetään huomattavasti lisätyökustannuksissa, kun väärinkäsitysten määrä vähenee"*

Herääkö vielä ajatuksia, siitä mihin virtuaalimaailmaa voisi työssä käyttää suunnittelun lisäksi Granlundilla?

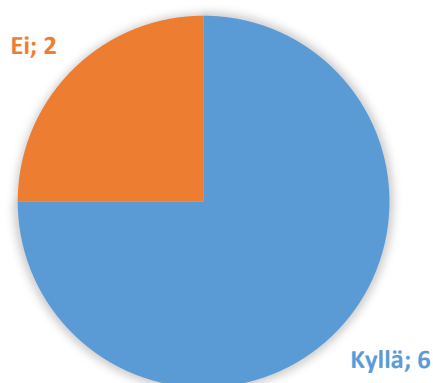
- *"Mahdollisesti voisi hyödyntää laitteiden huollettavuuden varmistamisessa, etenkin alakaton sisään jäävien, kuten IMS-peltien jne."*
- *"Asiakkaille kohteiden esittely"*
- *"Asiakkaille voisi esitellä mallitiloja tuolla tavalla"*

OLETTEKO KÄYTTÄNEET VIRTUAALITODELLISUUTTA PROJEKTEISSA?



Kuvio x. Vastaajista hieman yli kolmannes oli käyttänyt virtuaalitodellisuutta projekteissa.

OLETTEKO AJATELLEET KÄYTTÄÄ VIRTUAALITODELLISUUTTA TULEVISSA PROJEKTEISSA?



Kuvio x. Suurin osa vastaajista aikoi hyödyntää virtuaalitodellisuutta tulevilla projekteilla.

Liite 3.

2(2)

VR-laitteet ovat olleet nyt Kuopiossa käytössä n.4kk, onko teillä kehittynyt ideoita joihin niitä voisi käyttää? Esim. Suunnitelmien esitys, tarkastus, yhteensovittaminen tai jokin muu mahdollinen käyttötarkoitus.

- *"Kysymyksen asettelussa mainittuihin käyttötarkoituksiin VR-malli on varmasti pätevä peli. Oma kokemukseni VR-maailmasta on vielä sen verran vähäistä, että ei ole tullut mieleen muita mahdollisuuksia."*
- *"Edellä mainitut ok, lisäksi käyttäjäpalaverit."*
- *"Suunnitelmien esittely maallikoille."*
- *"Kaikki edellä mainitut"*
- *"Jo suunniteltuja kohteita voisi esitellä referenssinä asiakkaille. Jos laitteistoja olisi useampi voisi tarkastusta ja yhteensovitusta kokeilla."*